Инновационный Центр Наук о Земле

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе

«Инновации в геологии, геофизике, географии–2020»

5-ая Международная научно-практическая конференция

07 – 10 июля 2020, online

УДК 55
ББК 26.3
И 46

И 46 Инновации в геологии, геофизике и географии-2020. Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции. — М. «Издательство Перо», 2020. — 178 с. — Мб. [Электронное издание].

ISBN 978-5-00171-415-6

Материалы конференции представлены в авторском издании.

Оргкомитет не во всех случаях разделяет взгляды и идеи авторов, содержащиеся в опубликованных материалах конференции.

Сборник материалов конференции включает тезисы докладов, представленных на 5-ой Международной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2020», с 07 по 10 июля 2020 года в online-формате на платформе Zoom. 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 26.3
И 46

Компьютерная верстка А.С. Репиной, Н.И. Косевич и Н.В. Лубниной

На обложке фото Е.В. Козловой

ISBN 978-5-00171-415-6

©Авторы, 2020

5 ЛЕТ ИННОВАЦИОННОМУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМУ ЦЕНТРУ 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], Е.В. Козлова[3], Н.И. Косевич[2], И.С. Кусов[4], И.Л. Прыгунова[1], В.О. Осадчий[2], А.Ю. Паленов[2], А.Д. Скобелев[2], И.Ю.Хромова[5]

[1] *Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе*
[2] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[3] *Сколковский институт науки и технологий*
[4] *Институт развития города, Севастопольский государственный университет*
[5] *ИП «Хромова Инга Юрьевна»*

inno.earthscience@gmail.com
http://2020.inno-earthscience.com/

Прошло 5 лет с момента образования Инновационного образовательного центра Наук о Земле на базе Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе.

Этот центр был создан по решению Ученого Совета Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе (протокол №5−16 от 15.11. 2016 г.) для координации и междисциплинарной интеграции образовательной, научно-исследовательской и инновационной деятельности подразделений Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе, геологического и географического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова и научно-исследовательских организаций, направленной на решение актуальных и перспективных геологических, географических, геофизических и экологических задач.

Работа Инновационного Центра Наук о Земле, особенно проведение Международных конференций, была бы невозможна без активной поддержки в разные годы академика НАНУ и РАН В.А. Иванова, декана геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, академика Д.Ю. Пущаровского, член-корреспондентов РАН: декана географического факультета МГУ С.А. Добролюбова, научного руководителя Института природно-технических систем РАН А.Б. Полонского, директора Морского гидрофизического института РАН С.К. Коновалова, а также директора Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе О.А. Шпырко.

В рамках работы Инновационного образовательного центра Наук о Земле сформировалось **5 основных направлений исследований:**

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

Работа Центра строится на двух главных принципах: полевые исследования и лабораторная обработка полученных данных, а также освещение основых достижений на семинарах и конференциях.

КОНФЕРЕНЦИИ И ПОЛЕВЫЕ ШКОЛЫ. В 2020 году Инновационный образовательный центр Наук о Земле совместно с Геологическим факультетом Москоского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в пятый раз проводит Международную научно-практическую конференцию «Инновации в геологии, геологии и географии-2020», в работе которой принимает участие около 150 человек.

Одной из важных задач научно-практических конференций является разработка основных подходов, предложений, методологии применения комплексных геологогеофизических и геохимических методов исследования, инноваций в геологии, геофизике, географии для рационального природопользования и устойчивого развития прибрежной зоны Крыма и Севастополя. За это время написано и опубликовано более 500 научных статей в материалах конференций на русском и английском языках. С материалами конфренций прошлых лет можно ознакомиться на сайте *http://2020.inno-earthscience.com/.*

Обучение студентов, аспирантов и молодых сотрудников является одним из основных направлений работы Инновационного образовательного центра Наук о Земле. 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 5 лет для подготовки региональных кадров, а также повышения уровня обучения профильных студентов в ведущих ВУЗах России, проведено 6 полевых школ, во время которых 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 и Внешних гряд Крымских гор, области развития грязевого вулканизма в пределах Керченского и Таманского полуостровов, подводные хребты и толщи современных осадков прибрежных районов Крыма.

К нашему большому сожалению, запланированные на 2020 год полевые школы не удалось провести из-за охватившей весь мир пандемии короновируса «Covid-19».

В 2020 году мы планировали провести 2 полевые школы на территории Крыма и Тамани: «Коллекторы нефти и газа: условия формирования, строение и выражение в геофизических полях» и «Нетрадиционные источники углеводородов: междисциплинарные исследования». Надеемся, что эпидемиологическая обстановка в России позволит нам провести намеченные школы летом 2021 года.

КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ. Сотрудниками Инновационного образовательного центра Наук о Земле разработаны Программы дополнительного профессионального образования по комплексированию геолого-геофизических исследований с выдачей диплома о профессиональной переподготовке и присвоением дополнительной квалификации, о переквалификации кадров, о повышении квалификации с выдачей сертификата.

Среди этих программ можно отметить:

- **Курс «Опасные геологические процессы».** В рамках этого курса слушатели получают теоретические знания и практические навыки, необходимые для определения причин и механизмов формирования опасных геологических процессов (оползни, обвалы, карст, сели, переработка берегов моря, озер, рек, подтопление
- **Курс «Геотектоника и геодинамика»** позволяет получить современные представления о структуре, движениях, деформациях и развитии верхних твердых оболочек Земли в связи со строением и развитием Земли в целом, и возможных подвижек в приповерхностных условиях.
- **Курс «Дистанционные методы исследований» з**накомит с основными методами изучения структур Земли различного ранга, а также изучение новейших и современных опасных геологических процессов на основании геологического дешифрирования различного рода материалов, полученных из космоса, с помощью аэросъемок и наземных фотографий, направленных на проведение инженерно-геологических изысканий, охраны и рационального использования окружающей среды
- **Курс «Геофизические методы исследования»** направлен на освоение основных инструментальных методов изучения Земли – сейсморазведки, электроразведки (в том числе многоэлектродные зондирования – электротомографии), магниторазведки, гравиразведки.
- **Курс «Георадиолокация и сейсморазведка при инженерных изысканиях для строительства и мониторинга транспортных магистралей»**. В процессе освоения данного курса слушатели получают представление о физических основах метода георадиолокации и его возможностях, осваивают методику обработки георадиолокационных данных, знакомятся с программным обеспечением, прилагаемым к Георадарам серий «Око» и «Зонд» и учатся обрабатывать с их помощью георадарограммы. Знают методику интерпретации георадиолокационных материалов и умеют применять ее на практике. Имеют представление о возможностях георадиолокации в различных областях.
- **Курс "Инженерная сейсморазведка".** В результате освоения дисциплины слушатели получают представление о физических основах метода сейсморазведки и

его возможностях. Умеют правильно планировать и проводить полевые работы. Знают методику обработки сейсморазведочных данных. Имеют представление о программном обеспечении на примере системы RadExPro. Умеют обрабатывать с ее помощью полевые материалы разными способами. Знают методику интерпретации сейсморазведочных материалов и умеют применять ее на практике. Имеют представление о возможностях инженерной сейсмики в различных областях инженерной геологии и геотехники. Получают практические навыки интерпретации.

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).

Основные результаты исследований:

I. ТЕМАТИЧЕСКАЯ БАЗА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

В период 2016–2020 гг проводилась разработка структуры тематической базы пространственных данных (БПД) на решение геологических, тектонических, геофизических и геоморфологических задач в исследовании юго-западной части Крымского полуострова. Данная БПД позволит расширить набор инструментов пространственного и тематического анализа и выявить основные геодинамические закономерности трещиноватости береговой зоны.

По своей структуре разработанная база данных состоит из трех блоков (рис. 1). Первый, **инвентаризационный блок**, представляет всю собранную информацию на исследуемый регион.

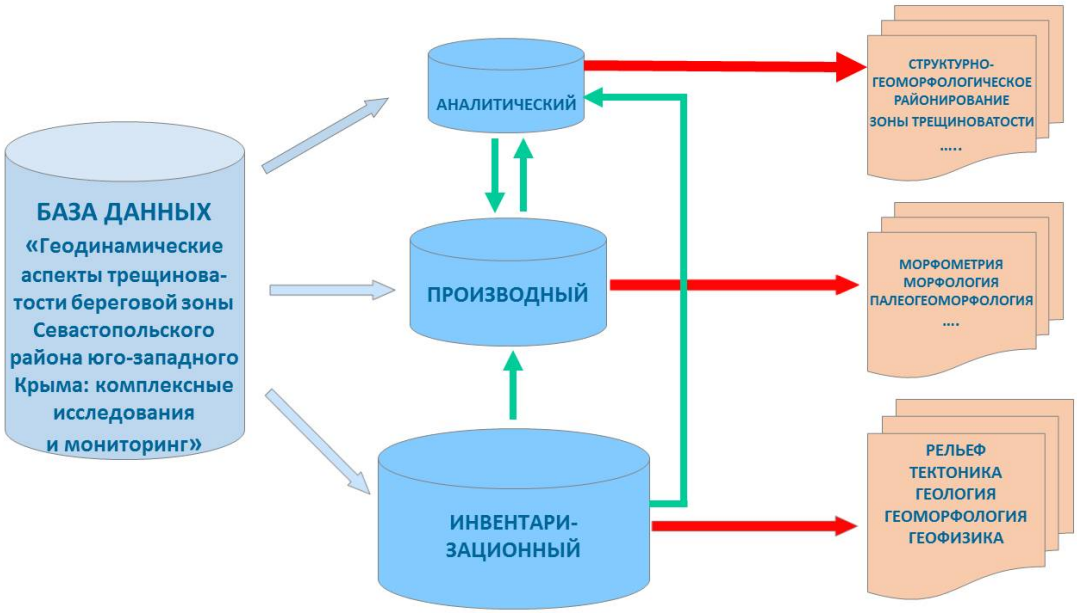


Рис. 1. Структура базы пространственных данных региона исследования

К настоящему моменту в инвентаризационном блоке БПД присутствуют разделы «Рельеф», «Геология», «Тектоника», «Геоморфология», «Неотектоника», «Геофизика» (рис. 2–4). Здесь отражена информация, базирующаяся на архивных и фондовых материалах, а также на материалах дистанционного зондирования и проведенных в 2016−2019 гг. полевых исследованиях.

Все представленные материалы характеризуются высокой степенью качества исходных данных, как комбинаторного показателя информации.

Раздел «РЕЛЬЕФ»

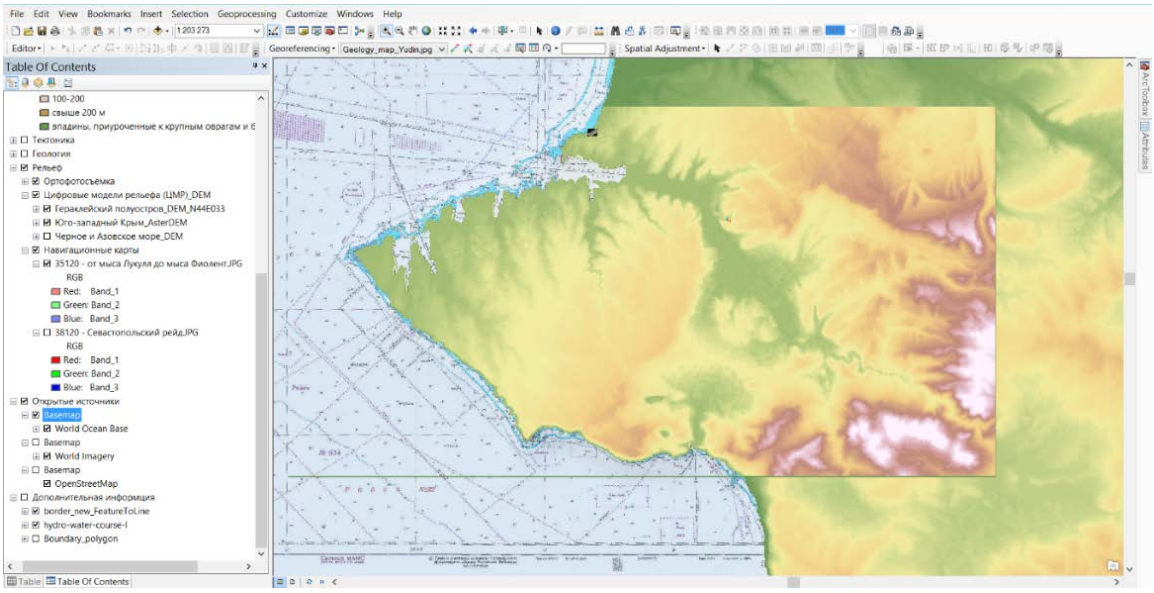


Рис. 2. Пример представления раздела «Рельеф»

Раздел «ГЕОЛОГИЯ»

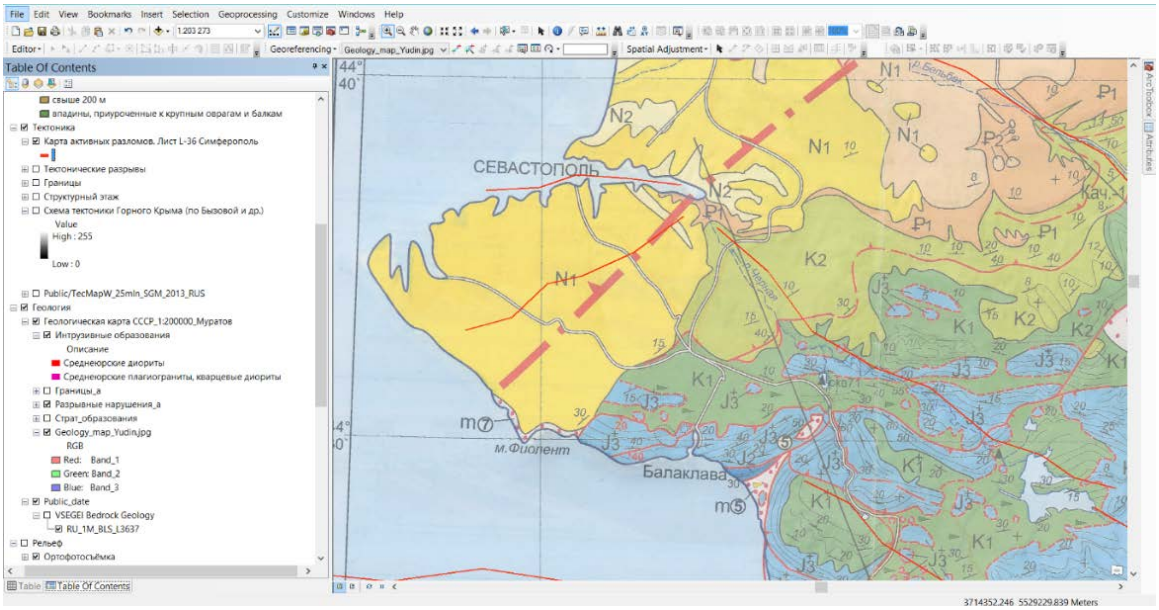


Рис. 3. Пример представления раздела «Геология»

Раздел «ГЕОФИЗИКА»

Рис. 4. Пример представления раздела «Геофизика»

Определены и уже частично апробированы главные разделы, которые включают:

а) географические координаты точек отбора образцов для определения анизотропии магнитной восприимчивости пород, географические координаты отбора проб для геохимических исследований, географические координаты точек проведения замеров параметров трещиноватости, географические координаты начала и конца геофизических (сейсмических , магнитных, гравитационных и элетротомографических съемок) как морских, так и наземных.профилей; мест новейшего проявления оползневых процессов (мыс Толстяк и садоводческое товарищество "Парус", аэропорт "Бельбек");

б) координаты привязки фотографических материалов: мест проведения структурно-геоморфологических замеров, пунктов определения анизотропии магнитной восприимчивости, проведения полевых геофизических съемок, точек геологического описания параметров тектонических разломов и зон трещиноватости, проявления оползней и карста;

в) набор карт и разрезов: сейсмические профили (метод НСП), магнитные профили, гравитационные профили, электротомографические профили, структурно-геоморфологические, структурно-тектонические, схемы распределения магнитных аномалий, общая схема выполненных геолого-геофизических работ;

г) описательная часть включает оценку основных геодинамических закономерностей трещиноватости, корреляцию данных геофизических и геологических данных, линеаментного анализа, направленности деформаций и полей напряжений, которые обуславливают формирование опасных зон (оползни);

д) созданы результирующие схемы, направленные на оценку рисков строительства социально значимых объектов.

Второй блок — **производный** — представляет формализованные пространственные данные и картографические материалы, которые являются результатом анализа и геоинформационной обработки инвентаризационного блока.

В производном блоке БПД отражена информация, являющаяся результатом обработки данных инвентаризационного блока – разделы «Морфология», «Морфометрия», «Палеогеоморфо-логия», «Геофизические данные» и др. Раздел «Морфометрия» включает материалы, полученные в результате морфометрического ГИС-анализа данных раздела «Рельеф»: крутизна склонов, экспозиция склонов, глубина расчленения, густота расчленения, общее расчленение и ряд других морфометрических показателей (Рис. 5 и 6).

Раздел «Морфология» является результатом обработки полевых материалов и данных раздела «Рельеф».

Комплексный анализ материалов разделов «Рельеф», «Геология» и «Геоморфологогия» инвентаризационного блока БПД позволил получить данные для раздела «Палеогеоморфология». В разделе «Геофизические данные» представлены данными непрерывного сейсмического профилирования (НСП), интерпретация комплексных магнитометрических, гравиметрических и электротомографических исследований Гераклейского плато и др.

Раздел «МОРФОМЕТРИЯ»

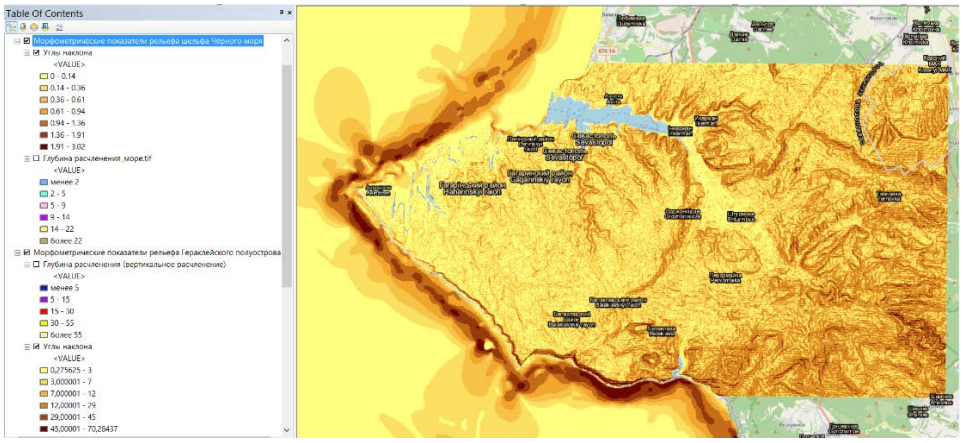


Рис. 5. Пример представления раздела «Морфометрия»

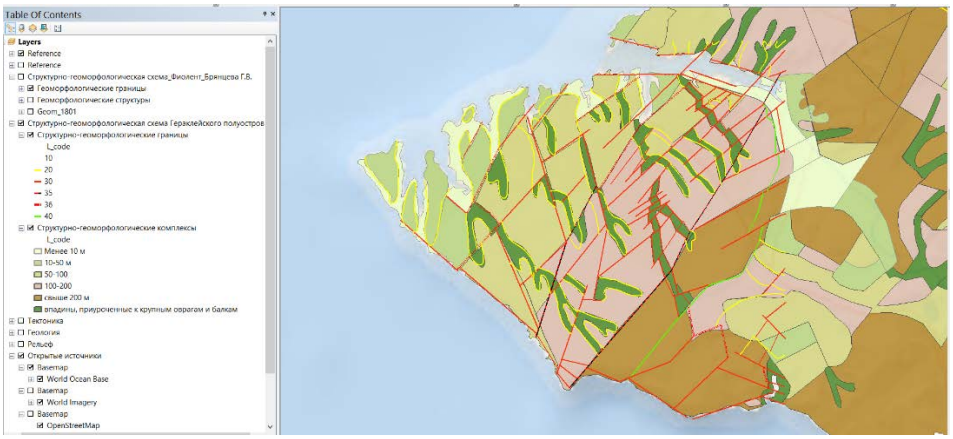


Рис. 6. Пример представления раздела «Морфометрия»

Третий блок, **аналитический**, является непосредственно результатом исследования и представляет собой совокупность пространственных и картографических материалов, полученных на основе комплексного тематического анализа инвентаризационного и производного блоков БПД. В этом блоке БПД содержатся материалы, полученные в ходе

пространственно-тематического анализа данных Инвентаризационного и Производного блоков: раздел «Структурно-геоморфологическое районирование» (Рис. 7), разделы «Морфометрические комплексы рельефа», «Интерпретация AMS данных» и др.

Раздел «СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ»

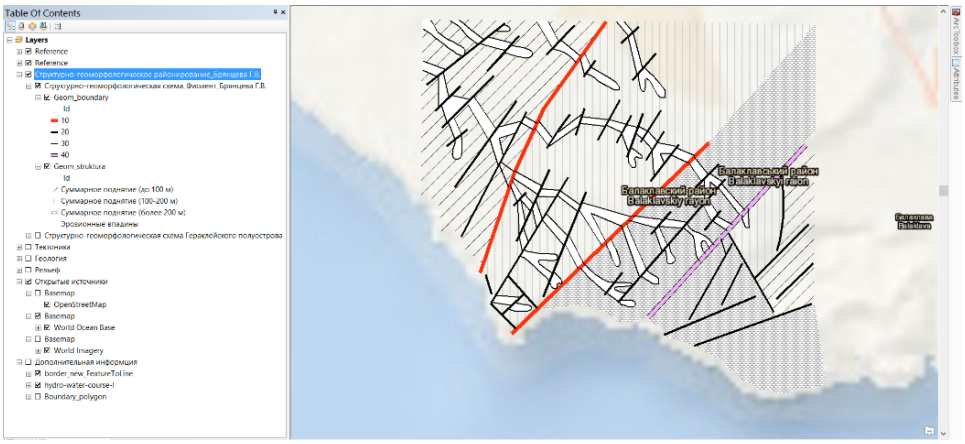


Рис. 7. Пример представления раздела «Структурно-геоморфологическое районирование» (карта составлена Г.В. Брянцевой)

II. КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 2018–2019 гг.

В 2018–2019 гг на мысе Фиолент проведены комплексные геофизические исследования (рис. 8), включавшие наблюдения методом электротомографии на профиле 715 м, по его результатам на восточной части профиля выполнен 400-метровый профиль высокоточной гравиразведки, а также магнитометрические наблюдения на трех параллельных профилях (центральный из которых совпадал с электротомографическим), также был выполнен профиль вдоль обрыва (рис. 9).

Рис. 8. Схема расположения геофизических работ на мысе Фиолент

Производство магнитометрических измерений осложнялось высоким уровнем техногенных помех на изучаемой площади, из-за чего измеренные данные на значительных участки профилей пришлось удалить, как не содержащие геологической информации.

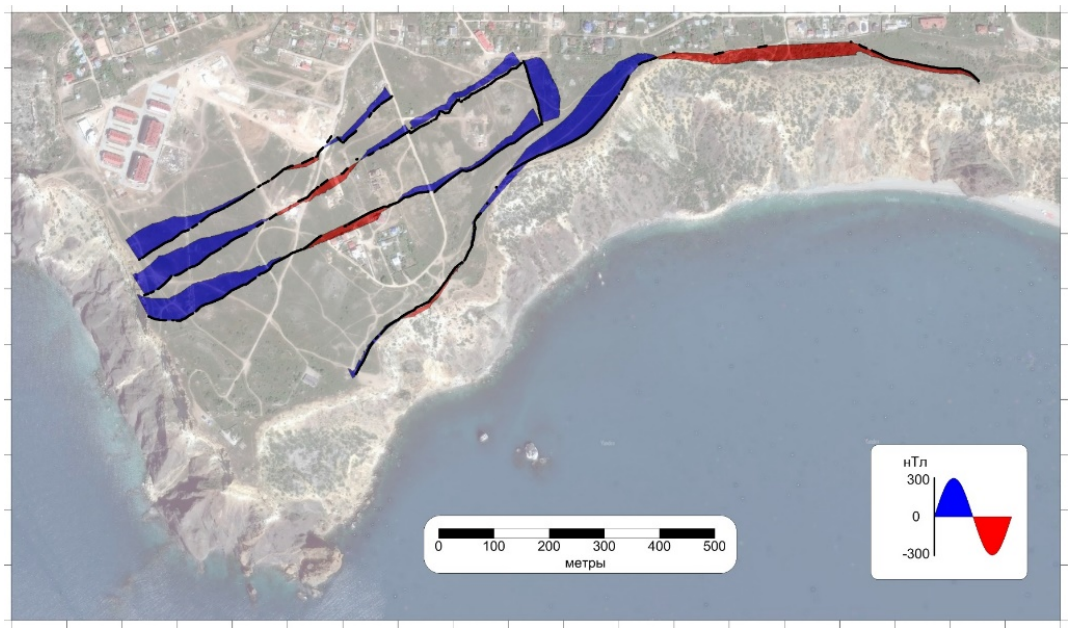


Рис. 9. Карта графиков аномального магнитного поля, мыс Фиолент

На карте графиков аномального магнитного поля выявляются две положительные зоны на самом западе мыса и в восточной части изучаемого участка, положительные зоны разделяются понижением магнитного поля имеющим отчетливо выраженное северо-западное простирание (320°СЗ), рис. 10.

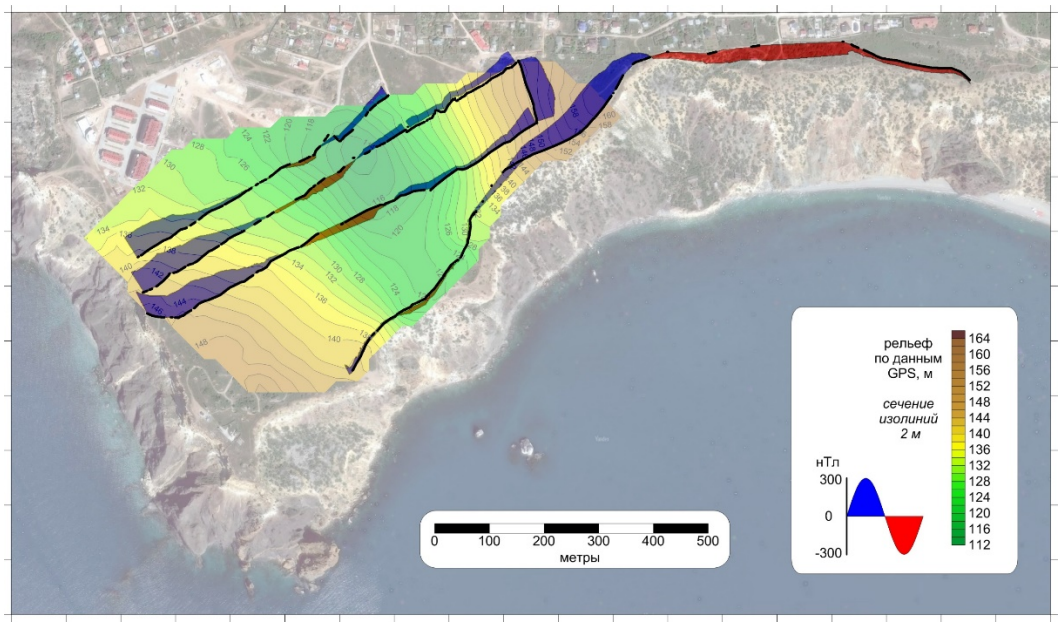


Рис. 10. Карта графиков аномального магнитного поля и рельеф по GPS

Несмотря на общую корреляцию аномального магнитного поля и рельефа дневной поверхности по данным GPS можно заметить, что минимум в рельефе смещен относительно минимума магнитного поля.

Проведенные в 2018−2019 гг электротомографические исследования на м. Фиолент позволили составить сводный разрез (рис. 11).

Юго-западная часть профиля от пк 0 до пк 290 (участок профиля I) в целом сложена высокоомными породами, которые имеют удельное сопротивление от 250 до 500 Ом·м. Это плотные ненарушенные известняки, кровля которых расположена на глубине около 10 м. Сверху они перекрыты неоднородными вероятно карбонатными отложениями, которые имеют разную степень выветривания. Самый верхний слой современных отложений крайне невыдержан по горизонтали, имеет мощность не более 1.0−1.5 м и сопротивление от 100 до 150 Ом·м. Под ним фрагментарно в виде линз мощностью 1.5−2 м с горизонтальными размерами от 3 дот 40 м. Верхняя кромка расположена на глубине от 0.5 м до 2 м. На наш взгляд, это сохранившиеся блоки известняков, которые устояли против выветривания. Общая протяженность линз высокого сопротивления около 100 м, что составляет около 40% покрытия этого участка профиля. В зависимости от степени выветрелости линзы останцов сохранившихся известняков имеют разное сопротивление от 100 до 400 Ом·м, что указывает на значительный разброс параметров трещиноватости и глинистости этих блоков.

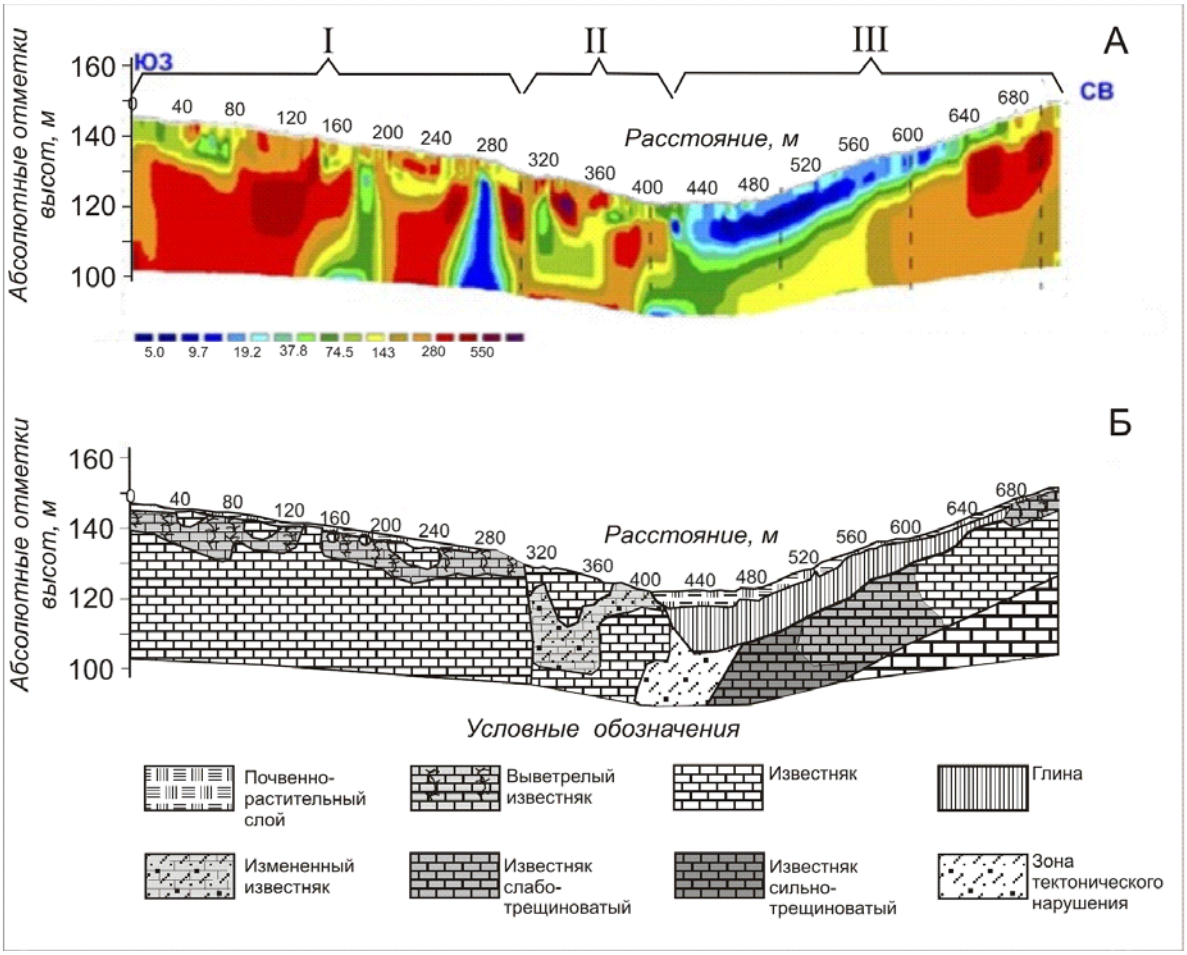


Рис. 11. Геоэлектрический разрез по результатам инверсии электротомографии на профиле м. Фиолент.

Под линзами сохранившихся известняков расположен слой сильновыветрелых известняков, сопротивление которых понижается от 50 до 250 Ом·м. Слой выветривания крайне неоднороден по мощности и свойствам. Мощность этого слоя меняется от 0 до 7−8 м.

Центральная часть профиля от пк 290 до пк 400 (участок профиля II) имеет неоднородно-ячеистое строение, и представлено блоками различного состава и размеров. Практически здесь в разрезе отсутствует какая-либо стратификация. Горизонтальные размеры блоков меняются от 20 до 60 м, а их мощность варьирует от 10 до 15−20 м. Произвольно расположенные ячейки образуют структуру напоминающую замкнутый каркас, внутри которого расположены более проводящие породы, а стенки каркаса образованы высокоомными блоками. Две вертикальные аномалии, расположенные на пк 180 и 280, вероятно, сформировались от искусственных инженерных коммуникаций типа трубопровод.

Северо-восточная часть профиля от пк 420 до пк 700 (участок профиля III) занимает всю северо-восточную часть Фиолентовской балки. До глубины 40 м в этой части профиля геоэлектрический разрез четырехслойный. Сверху залегает почвенно – растительный и техногенный слой современных отложений мощностью около 3 м. Под ним расположен слой аномально низкого сопротивления, мощность и, вероятно, проводимость которого возрастает к центру структуры. Мощность проводника составляет в районе пк 460 порядка 6−7 м, а удельное сопротивление уменьшается до 5−10 Ом·м. К пк 640 его мощность уменьшается до 3−5 м, а сопротивление возрастает до 40−70 Ом·м. Таким образом, продольная проводимость слоя меняется от 1.0 Сименса в районе пк 460 до 0.07 Сименсов на северо-восточной оконечности электротомографического профиля. Слой низкого сопротивления падает под углом 6.5 градусов в юго-западном направлении. Под проводником залегает мощная толща миоценовых известняков, сопротивление которых постепенно возрастает в северо-восточном направлении. Если в центре структуры сопротивление известняков составляет 100−150 Ом·м, что соответствует нарушенным, сильнотрещиноватым известнякам, которые, вероятно, с поверхности имеют значительную по мощности зону выветривания (судя по результатам электрических зондирований не менее 10−15 м). В конце профиля в районе пк 700 сопротивление известняков возрастает до 300−500 Ом·м, что указывает на незначительную пористость, низкую минерализацию и, вероятно, высокие прочностные свойства. Третий слой залегает согласно со вторым слоем и имеет мощность около 25 м. Внизу выделяется четвертый слой пониженного сопротивления. Его подошва не проявлена на разрезе из-за ограниченной глубинности метода на применяемых разносах. Сопротивление четвертого слоя можно оценить в интервале от 75 в районе пк 450 до 250 Ом·м на пк 650−700.

Кроме этого обращает на себя внимание аномалия в интервале пк 400 – 440, которая, по нашему мнению, образована малоамплитудным тектоническим нарушением, которое определяет структуру как геоэлектрического разреза так и гравитационного и магнитометрического поля.

Сопоставляя результаты магниторазведки и электротомогафии (рис. 11 и 12) можно отметить, что минимум магнитного поля приходится на сильно неоднородную по сопротивлениям зону, располагающуюся в центре профиля.

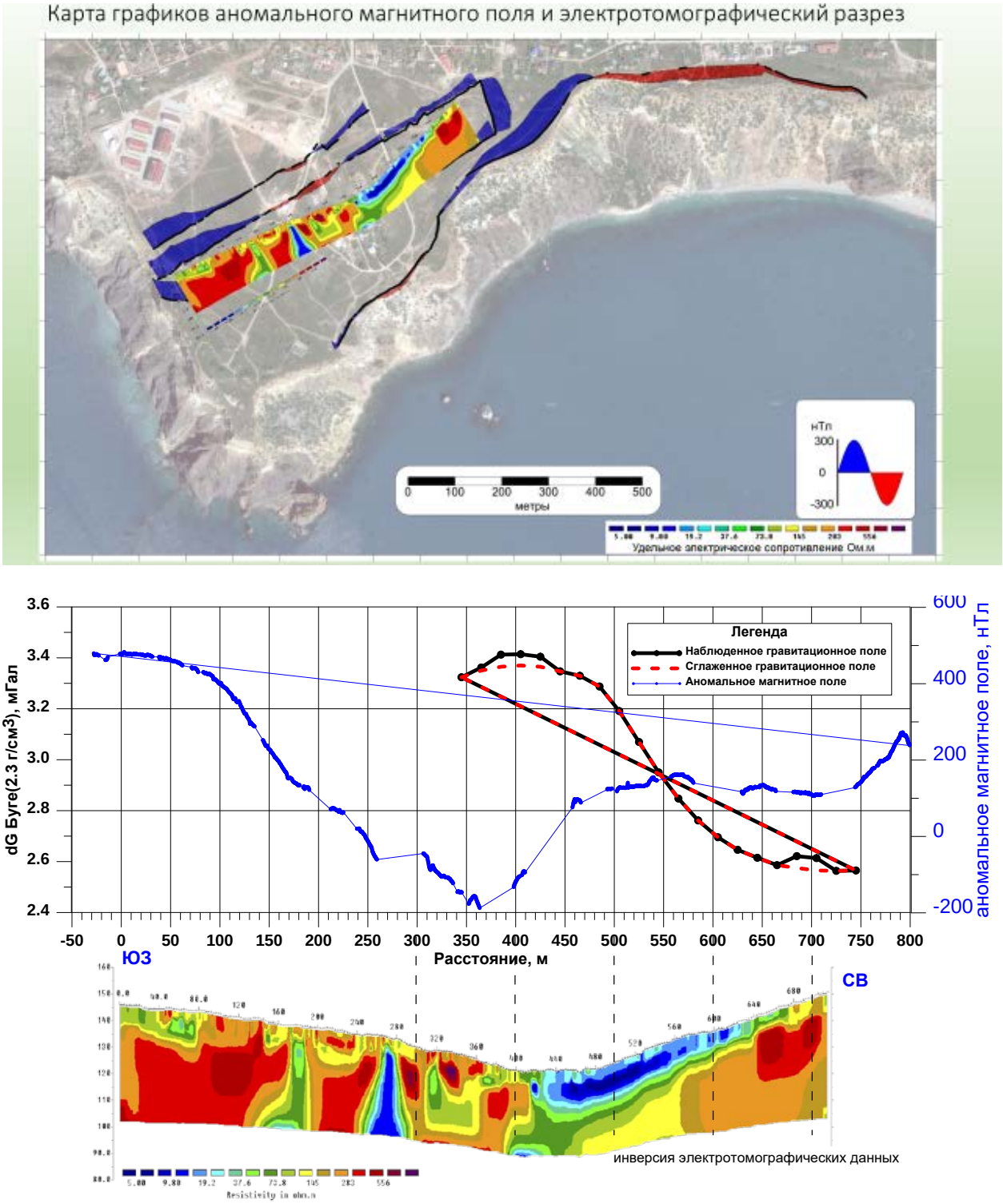


Рис. 12. Сопоставление результатов геофизических исследований на мысе Фиолент

Длина профиля по гравиразведочным работам составила 400 м, шаг по профилю 10 м. Точность гравиметрической съемки ±0.002 мГал. Точность определения высот ±1 см. Построен график гравитационного поля в редукции Буге (плотность промежуточного слоя 2.3 г/см3). Двигаясь по профиль с ЮЗ на СВ, наблюдается понижение значений гравитационного поля. Центральную часть профиля характеризуется высоким градиентом − 0.05 мГал на 10 м. На краях профиля намечается смена величины и знака градиента. В

районе пикетов 400 и 700 можно выделить положительные локальные аномалии одинаковой амплитуды 0.05 мГал. По данным электротомографии в районе этих же пикетов можно выделить границы области с пониженным сопротивлением.

Б) В 2018−2019 гг были продолжены КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ на базовом полигоне (балка Бермана, рис. 13), включавшие в себя:

1) Электротомография (ЭТ);
2) Сейсморазведка МПВ (силами НПЦ Геоскан) на P- и S-волнах;
3) Сейсморазведка ОГТ по двум профилям, 244 и 100 п.м.

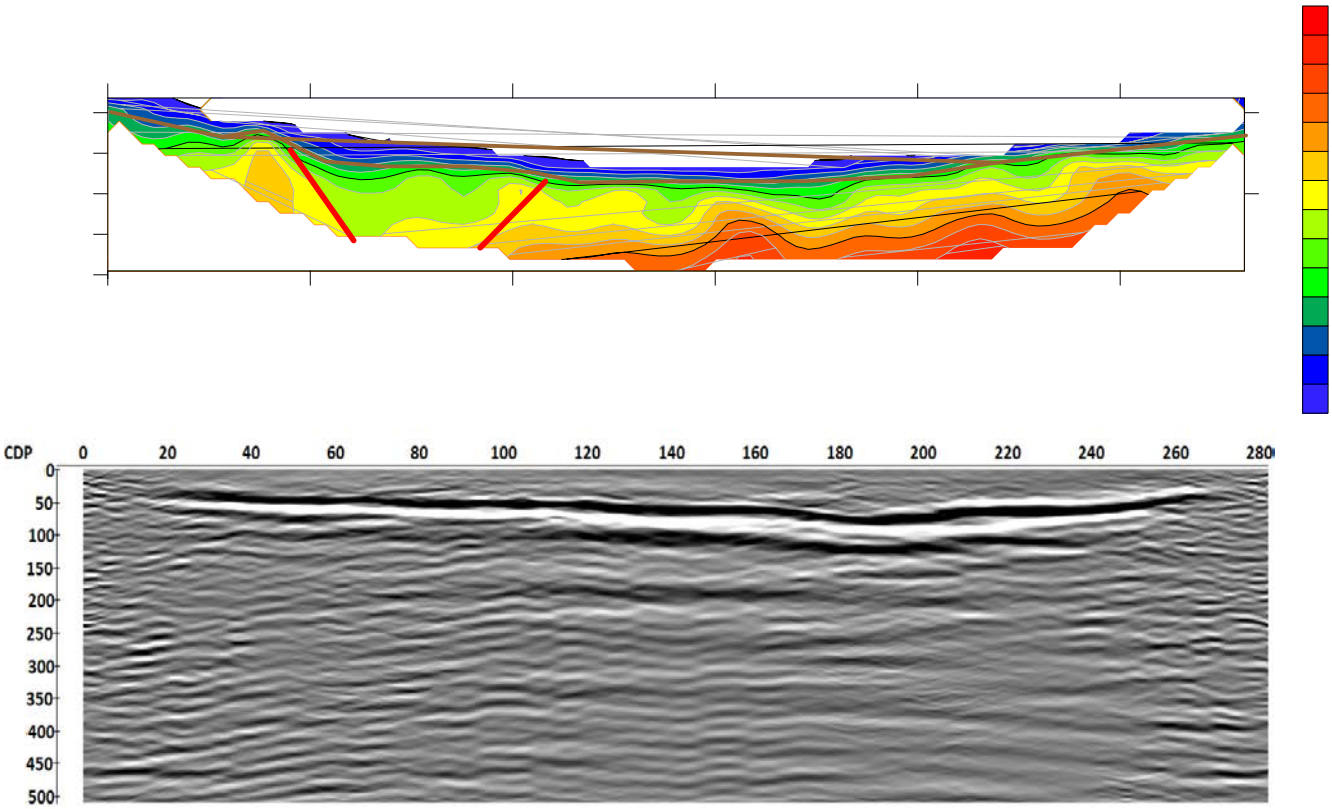
Электроразведочные работы методом сопротивлений в модификации электротомографии по сети из 6 профилей, общей протяженностью 1770 п.м. При производстве работ использовалась десятиканальная электроразведочная станция Омега-48 (ООО «Логис», г.Раменское). Целью работ послужила необходимость прослеживания положения Георгиевского разлома на СВ от мыса Фиолент. Глубинность электроразведочных исследований составила около 60 м. Съемка производилась инверсной установкой Шлюмберже (mABn), диполь-дипольной установкой (ABmn) также комбинированной трехэлектродной установка Amn+mnB. Двумерная инверсия полученных электроразведочных данных была выполнена в программе Res2DInv (Geotomo, Малайзия). На 4х профилях 2018 года выделяются низкоомные проводящие зоны, шириной от 50 до 80 м, соответствующие, предположительно, разломной зоне. На двух профилях 2019 г. разломные зоны на геоэлектрических разрезах также выделяются как области пониженных значений удельных электрических сопротивлений шириной до 30−40м.

Рис. 13. Интерполяция тектонического нарушения, на карте фактического материала, между профилями Сейсм_пр1_2019 и Геоскан_сейсм.

Для картирования разломной зоны в Балке Бермана были проведены работы методом сейсморазведки по 3 профилям общей протяженностью 620 п.м. (на продольных волнах) и 287 п.м. (на поперечных волнах). Обработка полученных данных велась по методикам МПВ, МОВ-ОГТ, а также сейсмотомографии. Полученные глубинные разрезы в изолиниях скоростей распространения продольных и поперечных скоростей и временные разрезы ОГТ показали наличие разрывных нарушений, положение которых пространственно совпадает с выделенными по электроразведочным данным аномалиям электропроводности.

Получена первичная интерпретация первичных полевых геофизических материалов (рис. 14).

В настоящее время проводится комплексирование данных сейсморазведки, электротомографии и структурно-геоморфологических и кинематических исследований на м. Фиолент и Балке Бермана.



Сравнение глубинного разреза в изолиниях скорости полученного с помощью обработки методом сейсмотомографии и временного разреза ОГТ профиля Геоскан_сейсм на продольных волнах.

В 2019 году продолжена совместная интерпретации результатов сейсмотомографии и электротомографии. Первичный анализ показывает значительную разнородность волновой картины.

В то же время, при анализе более глубоких зон, намечается сходные параметры для возможного выделения тектонических нарушений (рис. 15).

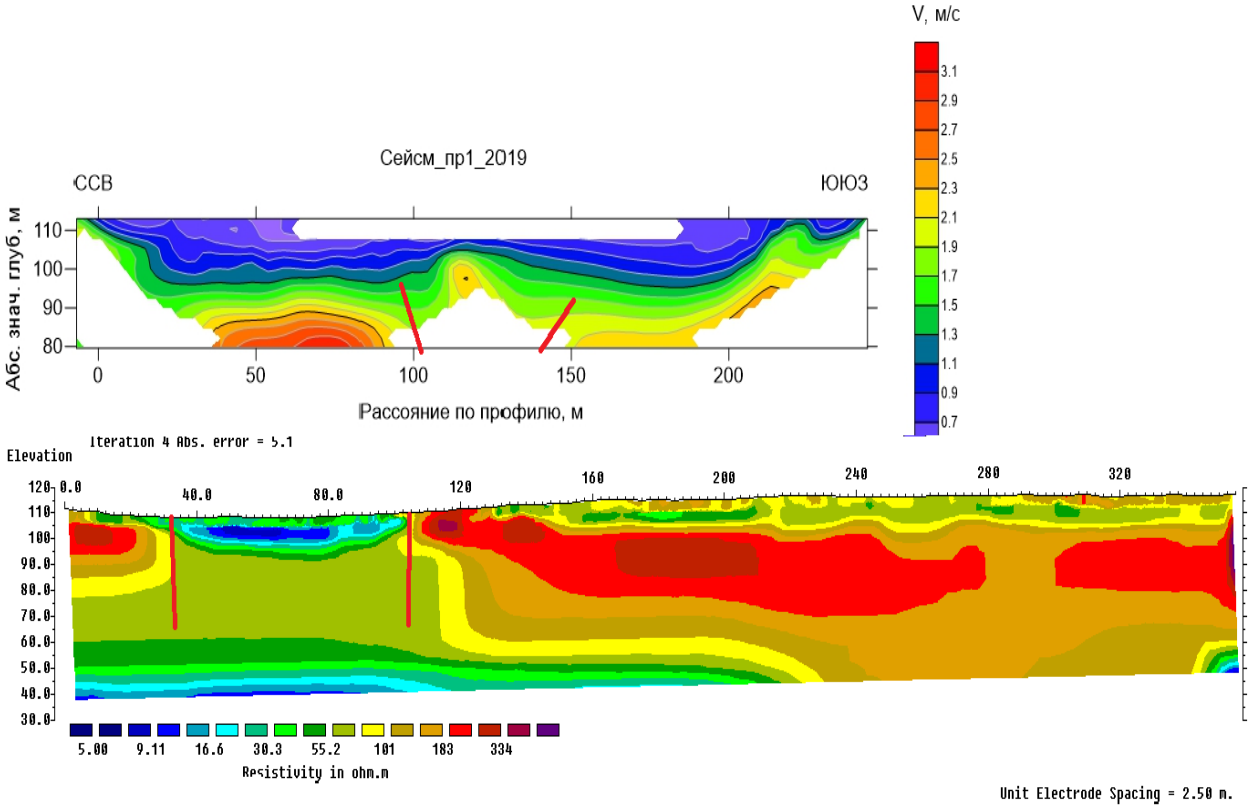


Рис. 15. Совместный анализ сейсмотомографии и данных элетротомографии.

Таким образом, в результате комплексных исследований установлены Главные геолого-геофизические критерии выделения опасных участков трещиноватости:

(1). Крайне неоднородное строение верхней части геоэлектрического разреза до глубин 30−40 м по данным электроразведки. При этом по данным бурения в первом приближении среда квази горизонтально-слоистая. При детальном изучении после проведения комплексных геолого-геофизических исследований, оказывается, что среда имеет блочное строение;

(2) Сейсмические данные свидетельствуют о том, что в зонах повышенной трещиноватости миоценовые известняки имеют крайне низкие прочностные свойства (предел прочности на одноосное сжатие составляет не более 10−15 МПа);

(3) По электроразведочным данным обводненность (влажность) верхней части разреза резко меняется по горизонтали.

(4) На закарстованных территориях на определенных глубинах наблюдается резкая изменчивость удельного сопротивления от максимально больших значений до минимальных;

(5) Довольно активно трещиноватость развивается под действием оползневых процессов. Особенно опасные трещины растяжения, которые возникают на участках положительного рельефа пород основания, по которым происходит скольжение оползневых тел, представленных известняками.

Электроразведочные работы в Балке Бермана.

В) НЕПРЕРЫВНОЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ

Исследования методом непрерывного сейсмического профилирования (НСП) проводились у мыса Фиолент с борта судна (рис. 16).

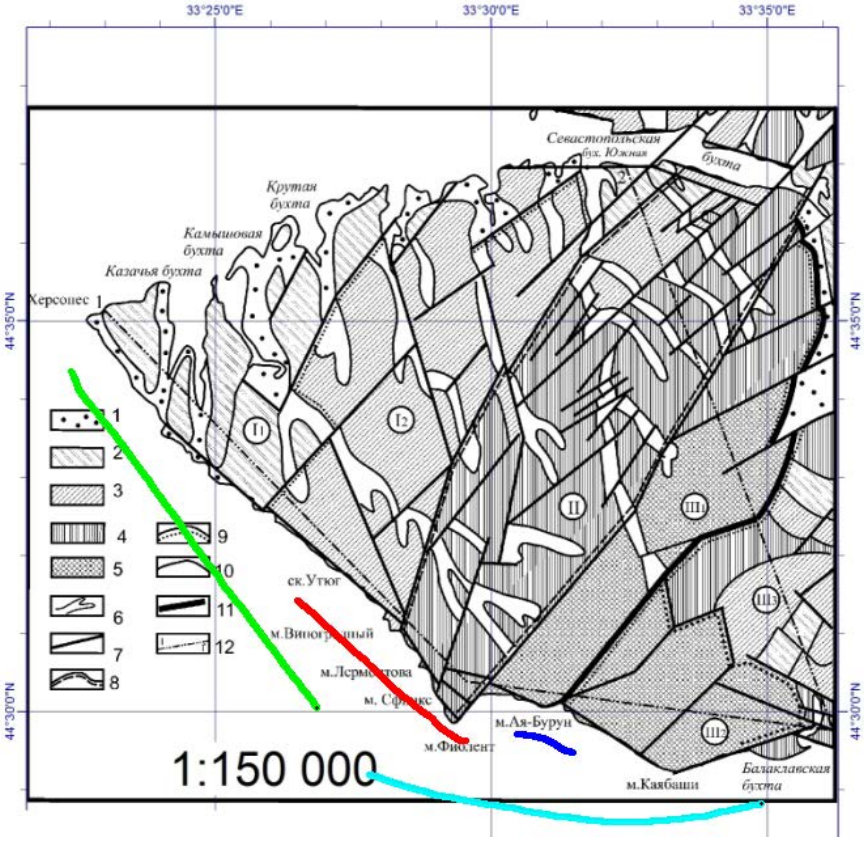


Рис. 16. Профили НСП в районе м. Фиолент

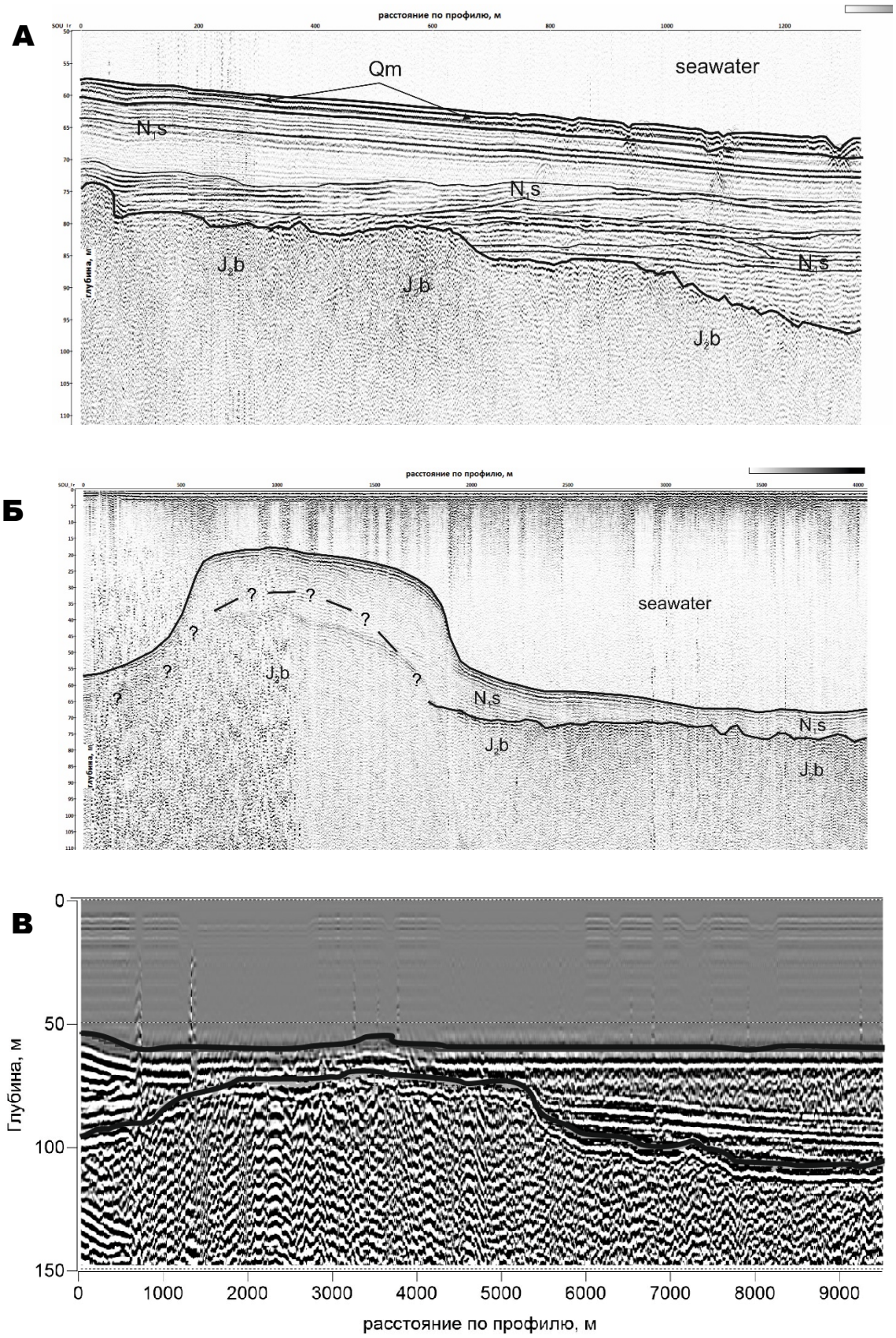
Для этого использовались электроискровой источник упругих волн и приемная пьезокоса, которые буксировались за судном.

После каждого «выстрела» (электроискрового разряда в воде) генерируемая упругая волна отражается от геологических границ в слоях осадка и принимается приемником, затем регистрируется компьютером. Наиболее различимыми границами являются граница между водой и осадками, затем между мягкими отложениями (песок или глина) и твердыми породами (коренными породами). Цифровые записи отклика среды – последовательности волн, отраженных от границ раздела слоев, обладающих различной акустической жесткостью формируют сейсмограмму, набор которых формирует сейсмический временной разрез, подлежащую цифровой обработке, пересчету в глубинный разрез и геологической интерпретации.

Применение электроискровых источников с разной энергией излучения позволяет получать сейсмические разрезы с разной степенью подробности (различным частотным составом) по вертикали и горизонтали. Это можно видеть на рис. 17 (А, Б, В, Г).

На рис. 16 приведена карта фактического материала. Синей и красной линиями показаны профили, выполненные в 2016 году методикой с высокочастотным (и, соответственно, высокоразрешающим) источником. Сейсмические разрезы для приведенных профилей приведены на рис. 17 (А, Б, В, Г).

Голубой и зелёной линиями показаны профили, выполненные в 2018 году методикой с низкочастотным (и, соответственно, более глубинным) источником (рис. 16). Сейсмические разрезы для приведенных профилей приведены на рис. 17 (А, Б, В, Г).



(продолжение)

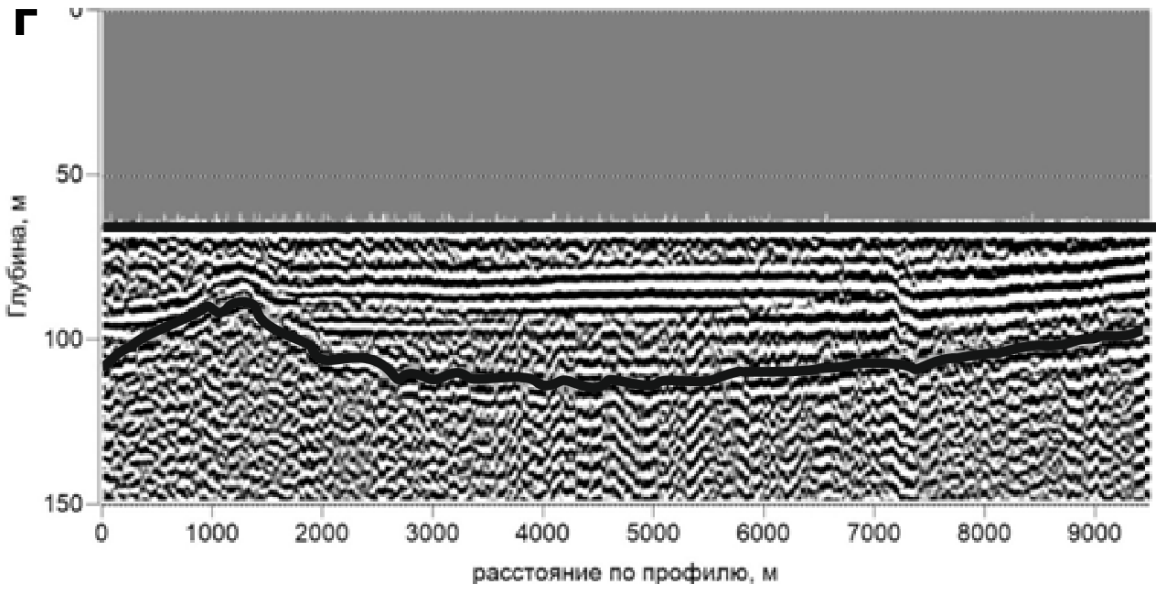


Рис. 17. Результаты непрерывного сейсмического профилирования (НСП) у мыса Фиолент.
А) Профиль 5-1 (2016). Длина профиля 1300 м. Б) Профиль 5-2 (2016). Длина профиля 4000 м. В) Профиль 1 (2018). Первая (сверху) жирная чёрная линия – морское дно. Вторая − кровля вулканитов юрского возраста. Г) Профиль 2 (2018). Первая (сверху) жирная чёрная линия – морское дно. Вторая − кровля вулканитов юрского возраста.

На рис. 17 (А) приведен разрез по профилю 5-1 (2016). Разрез представлен сверху вниз: четвертичными отложениями, известняками возраста N_{1s} и вулканогенными отложениями возраста J_{2b}. Рельеф морского дна и кровля юрских вулканитов позволяют судить количественно об увеличении глубин этих границ от поверхности воды по простиранию основных тектонических нарушений на мысе Фиолент.

На разрезе по профилю 5−2 (2016 год) (рис. 17, Б) прослеживается кровля вулканогенных отложений J_{2b}, а в рельефе морского дна наблюдается выступ, отчётливо коррелирующий с сетью разрывных нарушений северо-восточного простирания близ мыса Фиолент, что можно видеть на рис. 16.

На приведенном на рис. 17 (В, Г) разрезах, полученных в 2018 году, были выделены две основные границы – кровля вулканитов возраста J_{2b} и рельеф морского дна. Характер изменчивости кровли вулканитов можно трактовать, как продолжение разрывных нарушений северо-восточного простирания, прослеживаемых на суше, но для уверенности нужны дополнительные исследования.

Разрез вдоль линии профиля 2 (2018 г.) представлен на рис. 17, Г. На разрезе выделяются идеально ровное морское дно и кровля вулканитов J_{2b}.

Таким образом, на результатах сейсмоакустических наблюдений вблизи мыса Фиолент отчётливо проявляется поднятие, представляющее собой выраженное в рельефе кровли вулканитов продолжение системы разрывных нарушений северо-восточного

простирания. Результаты сейсмоакустических наблюдений хорошо согласуются с результатами гидромагнитной съемки и наземных геофизических методов с учетом разницы в уровнях поверхностей наблюдений − уровня воды и уровня земной поверхности на мысе Фиолент.

ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ. 2020 год внес изменения и в программу полевых исследований. Но все же, намеченные ранее работы по исследованию природного феномена грязевого вулканизма, были выполнены. В сентябре 2020 года полевой отряд (А.Ю. Бычков, Н.В. Лубнина, О.В. Крылов и Е.В. Козлова) провел изучение новых грязевых вулканов и старых нефтяных месторождений в пределах Керченского полуострова в 2020 году.

Полевые работы 2020 года. Керченский полуостров. Фото Е.В. Козловой

За время работ было изучено 6 грязевых вулканов и один нефтяной выход в районе старого, неразрабатываемого в настоящее время, месторождения. Отобраны пробы подземных вод и углеводородных флюидов грязевых вулканов, образцы грязевулканической брекчии и почв. Планируется изучить химический состав вод, углеводородный состав продуктов извержения, литологическую характеристику грязевулканической брекчии.

Работы проводились при финансовой поддержке РФФИ, проекты №18-05-00818 (руководитель А.Ю. Бычков) и №18-45-920073 (руководитель О.В. Крылов).

Более подробно с основными направлениями исследований Инновационного образовательного центра Наук о Земле на базе Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе можно ознакомиться на официальном сайте:
http://2020.inno-earthscience.com/.

5-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2020»: КРАТКИЙ ОБЗОР И ИТОГИ

Н.В. Лубнина[1], О.В. Крылов[1,2], А.Ю. Бычков[1], Н.И. Косевич[1], И.Л. Прыгунова[2]

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

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

inno.earthscience@gmail.com

2020 год стал особенным для участников конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии 2020» по ряду причин – это с одной стороны 5-ти летний этап проведения конференции и обсуждение многих разноплановых научных тем, с другой стороны, мировая эпидемия короновируса COVID-19. Конечно, разыгравшаяся пандемия в России отчасти спутала наши планы, но не настолько, чтобы отказаться от проведения юбилейной конференции!

По сложившейся традиции, в первых числах июля начала свою работу 5-я Международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике и географии-2020». Было одно, но очень важное изменение в ее работе – конференция полностью проводилась в режиме *on-line* (использовались дистанционные компьютерные технологии – платформа Zoom) и все участники находились в своих родных городах за многие сотни километров от ставшего привычным места проведения – города Севастополь. Такой формат проведения был выбран исходя из рекомендованных предписаний Роспотребнадзора России.

Инициаторами мероприятия стали геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Инновационный центр Наук о Земле Филиала МГУ в городе Севастополе, при поддежке сотрудников и руководства географического факультета МГУ.

С приветственным словом к участникам конференции обратились: член-корреспондент РАН, декан географического факультета МГУ, профессор Сергей Анатольевич Добролюбов, директор Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе Ольга Алексеевна Шпырко, директор Института развития города Севастопольского государственного университета Иван Сергеевич Кусов, зам. предсеатель оргкомитета, доктор геолого-минералогических наук, профессор геологического факультета МГУ Наталия Валерьевна Лубнина.

Участники пленарного заседания почтили память ушедшего из жизни за 2 месяца до начала конференции доктора географических наук, профессора географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующего кафедрой геоэкологии и природопользования Филиала МГУ в городе Севастополе, почётного члена Русского географического общества, член Российской экологической академии Евгения Ивановича Игнатова. Жизнь которого унесла пандемия 2020 года («COVID-19»).

В этом году основное внимание на пленарном заседании было уделеноосновным достижениям при комплексных исследованиях геодинамического полигона, созданного в рамках работы Инновационного образовательного центра Наук о Земле на базе Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе. На пленарном заседании обсуждались морфоструктуры Гераклейского плато (Н.И.Косевич), строение горнокрымской олистостромы и нефтегазоносность вехнеюрских известняков Черного моря (В.В. Юдин), условия проведения сейсморазведки на суше и в море (М.Л. Владов), оценка физических свойств миоценовых известняков Гераклейского плато по результатам комплексных геофизических исследований (И.Н. Модин).

В приглашенных докладах наши коллеги геофизики представили новые возможности магнитотеллурических методов при изучении тектонически активных зон (проф. П.Ю. Пушкарев), разработки фазово-частотной модификации метода спонтанной поляризации (проф. В.А. Куликов), комплексирование геофизических методов при изучении верхней части осадочного чехла платформы (доклад доц. И.В. Лыгина, снс Т.Б. Соколовой и Т.П. Широковой).

Вопросы экологии затрагивали рассмотрение снежного покрова Земли как природного архива поступления рассеянного осадочного вещества из атмосферы (зам. дир. Института океанологии РАН имени П.П. Ширшова В.П. Шевченко), анализ содержания тяжелых металлов в растительном покрове урбанизированной территории Севастополя (снс Е.В. Ясенева). Важной темой для обсуждения явился доклад об исследовании эволюции оползневых склонов берегов г. Севастополя (доклад снс А.А. Сучилина, Воскресенского И.С., Зориной В.В., Михеевой С.Н., Сократова С.А., Ушаковой Л.А. и Шафоростова В.М.), а также оценка факторов формирования глубоких подземных вод Крыма на основе геолого-геофизических исследований (доклад внс И.В. Кузнецова, Д.А. Борисенко и Е.И. Бичайкиной).

Одной из главных тем, обсуждаемых на секции **«Новые методы и подходы при геодинамических исследованиях»**, стала новейшая геодинамическая активность Крымского региона, проявляющейся на поверхности Земли в виде новейших дислокаций, отраженных в рельефе, повышенных значениях теплового потока, сейсмичности и часто подчеркивающихся скоплением месторождений нефти и газа. В докладе д.г.м.н. В.В Юдина рассмотрена тектоники Бельбекского учебного полигона (район с. Куйбышево на правом берегу р. Бельбек), неотектоника и разваитие рельефа Керченского полуострова рассмотрены в докладе к.г.-м.н. Д.А. Симонова (геологический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова), а методы построения, коррекции и верификации высокоточных моделей рельефа для выскогорных территорий – в докладе В.В. Зориной. Сейсмогенная природа скальных оползней Дагестана доказана в докладе В.В. Тарабукина (МГРИ–РГГРУ). Геомагнитные эффекты при мелкофокусных и глубокофокусных высокомагнитудных землетрясениях рассмотрены в докладе С.А. Рябовой (Институт динамики геосфер РАН).

Часть докладов этой секции была посвящена вопросам исследования ***Полярных областей или Арктического региона***. Основное внимание в работе этой подсекции было сосредоточено на вопросах рационального освоения природных ресурсов и сохранения первоначального состояния арктических территорий, обсуждению новых инновационных методов исследований и мониторинга, а также современных методик обучения

специалистов. Доклады И.Н. Модина и А.Д. Скобелева были посвящены детальным малонглубинным геофизическим исследованиям гляциодислокаций в кембрийских синих глинах и верхней части разреза на территории Ленинградской области и северной части Фнского залива. В докладе Ю.А. Моисеевой и Д.В. Пургиной (НИ ТПУ) обсуждались вопросы пространственной изменчивости химического состава Арктических морей, а в докладе А.А. Бадаева (Филиал МГУ в городе Севастополе) – изменения ледовых условий Арктических морей. Результаты физического моделирования условий формирования микроконтинентов в Северной Атлантике представлены Г.Д. Аграновым, а кинематической реорганизации спрединговых хребтов в Южной Атлантике – А.И. Толстовой. Оба исследования проведены студентами геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в Лаборатории физического моделирования Музея Землеведения МГУ под руководством д.г.м.н., профессора Е.П. Дубинина и к.г.н. А.Л. Грохольского.

В рамках работы секции ***«Трещиноватость в горных породах: современные методы изучения, обработки и анализа данных»*** обсуждались новые методы и подходы для выявления участков концентрации трещин в горных породах, методам их определения, численному и физическому моделированию деформаций в различных геодинамических обстановках. Так, доклад кандидата технических наук И.И. Семериковой (ПНИПУ/ПФИЦ УрО РАН) был посвящен методике распознавания трещиноватых сред по сейсмозаписям для изучения трещиноватых коллекторов. Вопросы картирования зон трещиноватости, карста и древнего выветривания по результатам электротомографии и сейсморазведки в Восточной Сибири обсуждались в докладе коллектива авторов геологического факультета МГУ (И.Н. Модин, А.Д. Приходько, А.Д. Скобелев). Возможности малоглубинной сейсморазведки при оценке напряженного состояния среды в зонах тектонических нарушений рассмотрены в докладе (А.Е. Чегодаева, М.Л. Владов), этапов образования коры выветривания, связанных с трещиноватостью (И.А.Сабиров).

Мы очень рады, что в конференции с докладами второй год подряд принимают участие наши коллеги из Донецкой Народной Республики – аспирантка ГУ ИФГП Наталья Петровна Корвякова и канд. техн. наук, зам. директора по науке ГУ ИФГП Ярослав Витальевич Шажко. В их докладах рассмотрены возможности формирования поровой структуры угольного вещества с учетом битуминизации породы (Я.В. Шажко) и оценка степени влияния влаги на быстрое развитие трещиноватости горных пород (Н.П. Корвякова, О.В. Соболь).

К нашему большому сожалению, в этом году невозможно было провести ставшие традиционными полевые школы-семинары. Нам очень хотелось передать уникальную атмосферу этих поездок, и по окончании пленарного заседания был показан видеосюжет о прошлых полевых исследованиях – «По следам полевых экскурсий 2015–2019 годов» (О.В.Крылов, Н.В.Лубнина).

Секция ***«Современные геолого-геоморфологические процессы и динамика приморских ландшафтов»*** в первую очередь была посвящена 20-ти летнему периоду подготовки студентов-географов в Филиале МГУ в городе Севастополе под руководством Е.И. Игнатова. Здесь были рассмотрены этапы становления кафедры геоэкологии и природопользования, организации полевых практик в различных районах России и

Украины, основные проблемы формирования и преобразования прибрежных и внутренних ландшафтов Крыма (А.А. Новиков, И.Л. Прыгунова Е.С. Каширина, А.Б. Полонский, Е.Н. Воскресенская).

В связи с участившимися катастрофическими природными явлениями (обвалами и оползнями), большой интерес вызвал доклад доцента Филиала МГУ в городе Севастополе И.Л. Прыгуновой о проблемах сохранения прибрежных ландшафтов Севастопольского региона, несомненно актуальным было сообщение кандидата геолого-минералогических наук В.И. Лысенко о крупно-глыбовых потоках-осыпей тессельской береговой морфосистемы, а также результаты исследований строения четвертичных отложений в долине верхнего Днепра по электротомографическим и георадиолокационным данным (Ефремов К.Д., Модин И.Н., Большаков Д.К., Бричева С.С., Панин А.В).

В связи все с большим интересом к Севастополю, как к рекреационному сегменту, формированию в его пределах санаторно-курортного и оздоровительного комплекса, несомненно актуальным было сообщение о развитие здесь экологического и исторического туризма (И.Л. Прыгунова, Е.И. Игнатов, О.В. Крылов, Н.В. Лубнина, Е.С. Каширина).

Секция ***«Геология и эволюция осадочных бассейнов»*** объединила в основном молодых исследователей, которые только начали свой путь в науке. Здесь были рассмотрены вопросы нефтегазоносности восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба (В.И. Сахнюк), модель строения вендского терригенного резервуара Восточно-Сибирского месторождения (И.В. Егоров), выполнена оценка нефтегазоматеринского потенциала ванаварской свиты нижнего венда центральной части Сибирской платформы (М.Л. Махнутина), проведено моделирование процессов генерации углеводородных флюидов органическим веществом разного генезиса в лабораторных условиях (П.И. Зотова), произведена петрогеохимическая и изотопно-геохронологическая характеристика метаосадков виленгской свиты Ветреного пояс (К.И. Юшин), оценены вулканоподобные флюидогенные бугры как индикаторы субаквальных залежей газа (С.Г. Миронюк), рассмотрены углеводородные системы северо-западной части Туапсинского прогиба Черного моря (Э.И. Валиева), выделены перспективные объекты в разрезе южной части Месопотамского краевого прогиба (Э.Н. Гаязова). Немалое внимание в работе секции уделено условиям осадконакопления, вещественному составу сформированных пород, времени и характеру тектонических движений (Е.О. Бабина, А.О. Клековкина, Я. Хоуцян, М.С. Топчий, Д.Д. Кожанов).

Для привлечения внимания общественности к данным проблемам, а также для подготовки молодых специалистов, способных решать поставленные задачи изучения и мониторинга ландшафтных систем, предложено организовать в 2021 году полевую ***ландшафтно-геоэкологическую школу***.

В работе юбилейной конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2020» приняло участие более 100 участников из Москвы, Севастополя, Томска, Перми, Донецка, Ташкента. Помимо представителей геологического и географического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова, отделения географии Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургского государственного университета, в конференции приняли участие молодые сотрудники, аспиранты и студенты Таврической академии им. В.И. Вернадского КФУ (г. Симферополь), РГУ нефти и газа (НИУ) имени

И.М. Губкина, Горного института УрО РАН/ Пермского государственного национального исследовательского университета (г. Пермь), Национального Исследовательского Томского политехнического университета (г. Томск), Института Геологии Минеральных Ресурсов МГРИ–РГГРУ им. Серго Орджоникидзе (г. Москва), Севастопольского государственного университета (СевГУ, г. Севастополь), Национального университета Узбекистана (г. Ташкент), Института минеральных ресурсов (Узбекистан).

В работе конференции участвовали эксперты и молодые специалисты из институтов Российской академии наук: Института Физики Земли РАН (г. Москва), Геологического Института РАН (г. Москва), Института Земной коры СО РАН (г. Иркутск), НИИСИ РАН (г. Симферополь, Крым), Крымской Академии Наук, Главного управления природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор), Института природно-технических систем РАН (г. Севастополь), Морского гидрофизического института РАН (г. Севастополь), Института физики горных процессов Донецк (ДНР), ФГБУН Института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН (г. Москва), Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Москва), Центра анализа сейсмических данных МГУ (г. Москва), Сколковского института науки и технологий (г. Москва), ИП "Хромова И.Ю."(г. Москва).

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 риски, рук. доц. О.В. Крылов) и 18-05-00818 (Физико-химическая модель грязевого вулканизма Керченско-Таманского региона, рук. проф. А.Ю. Бычков).

Мы очень надеемся, что теплая дружественная атмосфера, которая царит на нашей конфренции, интересные доклады, плодотворные обсуждения и конструктивная критика, сохранятся и будут продолжены в будущем!

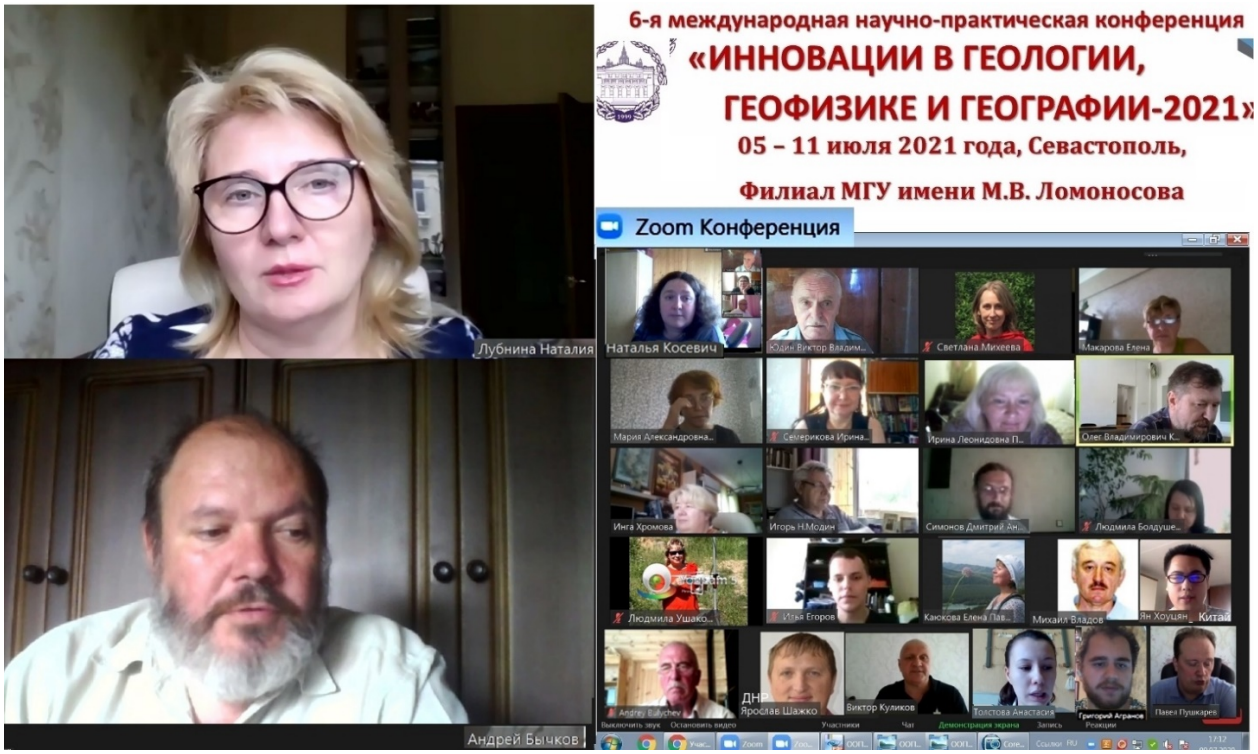
Очень надеемся встретиться с Вами ровно через год, на том же месте в Крыму, с новыми интересными докладами, инновационными предложениями и позитивным настроем!

Мы рады сообщить Вам, что **6-ая Международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике и географии-2021»** пройдет **с 05 по 11 июля 2021 года.** Новая инорфмация о конференции появится в начале декабря 2020 года на нашем сайте http://2020.inno-earthscience.com.

Мы благодарим всех участников 5-ой Международной научно-практической конфренции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2020» за интересную плодотворную работу!!!

До встречи в новом году и всего Вам самого наилучшего!

Ваш оргкомитет



Фотоколлаж В.В. Юдина

ПО СЛЕДАМ ПОЛЕВЫХ ЭКСКУРСИЙ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА НАУК О ЗЕМЛЕ 2015–2019 гг

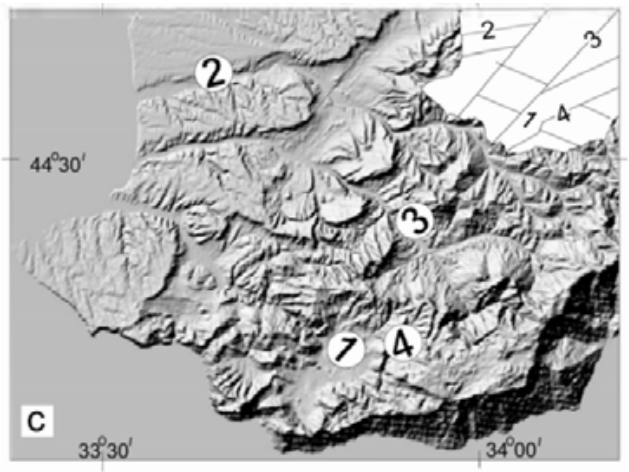
Н.В. Лубнина[1], О.В. Крылов[1,2], А.Ю. Бычков[1], И.Н. Модин[1], М.Л. Владов[1], П.Ю. Пушкарев[1], Е.В. Козлова[3], Н.И. Косевич[1], И.Л. Прыгунова[2], В.О. Осадчий[1], А.Ю. Паленов[1], А.Д. Скобелев[1], И.Ю.Хромова[4]

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

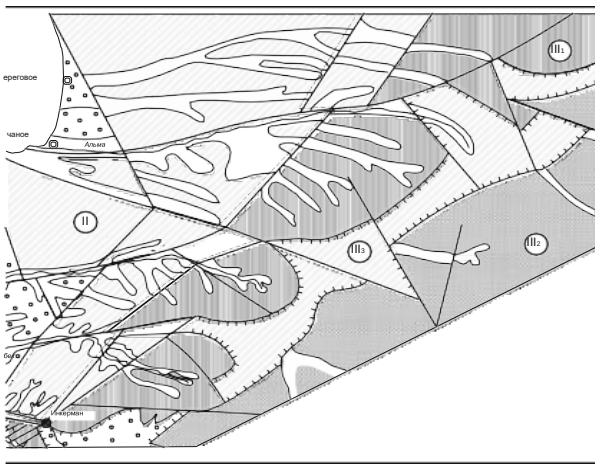
inno.earthscience@gmail.com
http://2020.inno-earthscience.com/

Важным достижением работы Инновационного Центра Наук о Земле является проведенные в 2015–2019 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, А.И. Гущин), 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 геохимические и петрологические (А.Ю. Бычков, Е.В. Козлова, М.Ю. Промыслова, Л.И. Демина) исследования.

Организацию этих работ взяли на себя Н.И. Косевич, М.С. Мышенкова, С.П. Завьялов, Н.А. Тарасов, А.Ю. Бубнов (2016 г.), В.О. Осадчий (2018–2019 гг.), М.А. Новикова (2015–2016 гг), а также студенты, магистранты и аспиранты геологического факультета МГУ.



Активизированные разломы, визуально выделяемые в рельефе по [Murovskaya et al., 2014]



Структурно-геоморфологическая карта юго-западного Крыма по [Брянцева и др., 2018]

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). 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.

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.

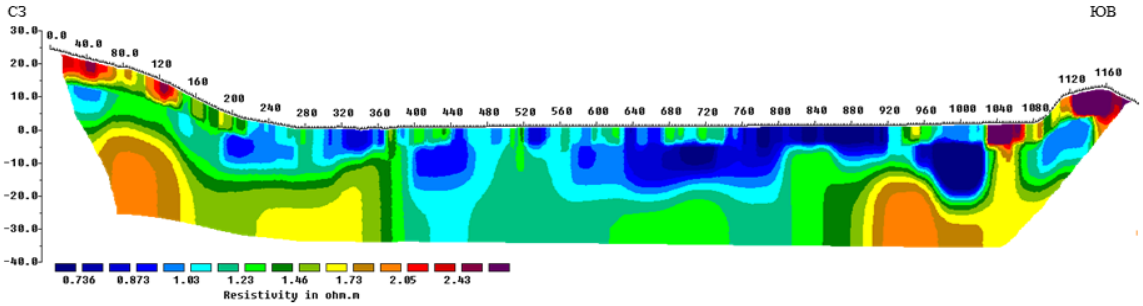


Рис. Геоэлектрический разрез вдоль ЮЗ берега оз.Тобечик

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.

СОДЕРЖАНИЕ

Крылов О.В., Лубнина Н.В., Бычков А.Ю., Модин И.Н., Владов М.Л., Пушкарев П.Ю., Козлова Е.В., Косевич Н.И., Прыгунова И.Л., Осадчий В.О., Паленов А.Ю., Скобелев А.Д., Хромова И.Ю.
5 лет Инновационному образовательному центру Наук о Земле на базе Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополь …… **3**

Лубнина Н.В., Крылов О.В., Бычков А.Ю., Косевич Н.И., Прыгунова И.Л.
5-ая Международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике и географии-2020»: краткий обзор и итоги …….. 22

Н.В. Лубнина, О.В. Крылов, А.Ю. Бычков, И.Н. Модин, М.Л. Владов, П.Ю. Пушкарев, Е.В. Козлова, Н.И. Косевич, И.Л. Прыгунова, В.О. Осадчий, А.Ю. Паленов, А.Д. Скобелев, И.Ю.Хромова
По следам полевых экскурсий Инновационного ц**ентра Наук о Земле** 2015−2019 гг …… 28

СОДЕРЖАНИЕ …….. **34**

Агранов Г.Д., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. Условия формирования микроконтинентов и краевых плато Северной Атлантики (физическое моделирование) …….. 39

Бабина Е.О., Мордасова А.В., Ступакова А.В., Калмыков Г.А., Суслова А.А., Большакова М.А., Гилаев Р.М., Шелков Е.С., Новиков Е.В., Клековкина А.О. Особенности строения и прогноз природных резервуаров нефти неокомских клиноформ Широтного Приобья Западной Сибири……... 41

Бичайкина Е.И., Борисенко Д.А. Особенности мониторинга состояния недр с учетом геологических, ландшафтных и социально-экономических условий г. Севастополя……. 43

Валиева Э.И., Крылов О.В. Возможная нефтегазоносность и строение углеводородных систем северо-западной части Туапсинского прогиба Черного моря ……... 48

Ворожейкина Е.А. Распределение микропластика в водных толщах морей российской Арктики во время экспедиции НИС «Академик Мстислав Келдыш» …….. 50

Воскресенский И.С., Зорина В.В., Михеева С.Н., Сократов С.А., Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М. Исследование эволюции оползневых склонов берегов Севастополя (на примере района Учкуевка) ……..... 52

Гаязова Э.Н., Крылов О.В., Горбачев С.Д. Перспективные объекты в разрезе южной части Месопотамского краевого прогиба ……. 55

Демина Л.И., Захаров В.С., Промыслова М.Ю. Интродукция как механизм поступления Становских офиолитов в земную кору Фаддеевского блока северо-восточного Таймыра ……. 57

Джалилов Г.Г., Шарафутдинова Л.П. К проблеме стратификации палеозойских отложений параметрической скважины Жанубий Акбугет-1П (Южный Тянь-Шань, Узбекистан) ……. 60

Егоров И.В., Долгова Е.И., Шарапова Е.С. Модель строения вендского терригенного резервуара Восточно-Сибирского месторождения ... 62

Ефремов К.Д., Модин И.Н., Большаков Д.К., Бричева С.С., Панин А.В. Строение четвертичных отложений в долине верхнего Днепра по электротомографическим и георадиолокационным данным…… 64

Зорина В.В. Методики построения, коррекции и верификации высокоточных цифровых моделей рельефа по данным ДЗЗ для исследования высокогорных территорий на примере центрального района Главного Кавказского Хребта ……. 65

Зотова П.Г., Кувинов И.В., Большакова М.А., Макарова Е.Ю., Козлова Е.В., Бычков А.Ю., Пронина Н.В. Моделирование процессов генерации углеводородных флюидов органическим веществом разного генезиса в лабораторных условиях …… 67

Каримова А.А. Сравнение результатов физического моделирования деструктивных зон сдвига и данных натурных наблюдений …… 69

Каюкова Е.П., Филимонова Е.А. Основные закономерности формирования химического состава подземных вод Горного Крыма (северо-западные склоны Крымских гор) ……. 71

Клековкина А.О., Новиков Е.В., Большакова М.А., Мордасова А.В., Бабина Е.О., Гилаев Р.М., Шелков Е.С. Условия формирования нефтегазоносности юрско-меловых отложений северо-востока Западной Сибири ……... 74

Кожанов Д.Д., Большакова М.А., Хопта И.С. Рифей-вендские нефтематеринские толщи Башкирской части Камско-Бельского авлакогена Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна …….. 77

Корвякова Н.П., Соболь О.В. Влияние влаги на развитие трещиноватости горных пород …… 80

Косевич Н.И., Кирянина А.В., Лубнина Н.В. Морфоструктуры Гераклейского полуострова …….…….. 82

Кузнецов И.В., Ковалёв Н.И., Тарасенко В.С. Новые методические подходы к поиску и оценке ресурсов глубоких подземных вод в Крыму в свете представлений теории формирования глубинной гидросферы ...…… 84

Лысенко В.И., Шик Н.В. Крупноглыбовые потоки-осыпи Тессельской береговой морфосистемы: проблемы происхождения и устойчивости …...…….. 86

Лысенко В.И., Шик Н.В., Трибой Т.К. Палеосейсмодислокации Юго-Западного Крыма ……... 89

Любчик А.И. Морфология морских берегов ..……. 91

Макарова Н.В., Суханова Т.В. Региональные и локальные корреляции тектонических и климатических условий при формировании новейших структурных форм и их рельефа ……..…….. 96

Малышев Т.Р. Экологические функции зеленой инфраструктуры прибрежных городов ……... 99

Матюнина В.А. Основные факторы формирования химического состава рапы соляных озёр Крыма ….…… 105

Махнутина М.Л., Сивкова Е.Д., Сауткин Р.С., Ступакова А.В. Оценка нефтегазоматеринского потенциала ванаварской свиты нижнего венда центральной части Сибирской платформы …….. 107

Миронюк С.Г. Вулканоподобные флюидогенные бугры – индикаторы субаквальных залежей газа……... 110

Модин И.Н., Богданов М.И., Скобелев А.Д. Детальное исследование верхней части геологического разреза северного побережья Финского залива с помощью электрической томографии …….. 113

Модин И.Н., Приходько А.Д., Скобелев А.Д. Картирование зон трещиноватости, карста и древнего выветривания по результатам электротомографии и сейсморазведки в Восточной Сибири…… 115

Моисеева Ю.А., Пуригна Д.В., Ворожейкина Е.А. Изменчивость химического состава морей Российской Арктики ……. 116

Прыгунова И.Л., Игнатов Е.И[2], *Крылов О.В., Лубнина Н.В., Каширина Е.С., Пышкин В.Б.* Развитие экологического туризма и учебные полевые исследования и практики в Севастополе и Крыму …… 118

Пушкарев П.Ю. Магнитотеллурические исследования тектонически активных зон …… 122

Рябова С.А. Геомагнитные аномалии при высокомагнитудных землетрясениях …….. 125

Сабиров И.А., Постников А.В. Образования коры выветривания – горные породы? 127

Сахнюк В.И., Фролов С.В. Геология и углеводородные системы восточной части Енисей-Хатангского регионального прогиба …… 129

Семерикова И.И. Методика распознавания трещиноватых сред по сейсмозаписям для изучения трещиноватых коллекторов …… 131

Симонов Д.А. Неотектоника и развитие рельефа Керченского полуострова … 133

Скобелев А.Д., Акуленко С.А., Ерохин С.А., Модин И.Н., Паленов А.Ю., Рыбаков С.С., Шевченко В.А. Геофизические исследования на проявлениях псевдоморфоз полигонально – жильных льдов в Центральных районах России …….. 136

Скобелев А.Д., Богданов М.И., Большаков Д.К., Ефремов Д.К., Модин И.Н., Приходько А.Д. Малоглубинная геофизика при исследованиях гляциодислокаций в синих глинах на территории Ленинградской области …… 138

Скобелев А.Д., Гиренко Е.Ю., Модин И.Н., Приходько А.Д. Физические свойства трещиноватых известняков миоцена на Гераклейском полуострове в Крыму по результатам комплексных геофизических исследований ……..... 141

Солдатова А.И., Гаврилов Ю.О., Макарова Е.Ю., Мартин Коштак Особенности формирования отложений в аноксических условиях на примере сеноман–туронского OAE2 на окраине океана Тетис... 142

Тарабукин В.В., Кабирова А.Д. Доказательство сейсмогенной природы скальных оползней Дагестана …….. 145

Толстова А.И., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л. Физическое моделирование структурообразования при кинематической реорганизации спрединговых хребтов в Южной Атлантике …….…… 149

Фоменко И.К., Стром А.Л., Зеркаль О.В., Сироткина О.Н., Барыкина О.С. Крупномасштабные оползни в скальных массивах: проблематика и перспективные направления исследований ……. 153

Чегодаева А.Е., Владов М.Л. Возможности малоглубинной сейсморазведки при оценке напряженного состояния среды в зонах тектонических нарушений …….. 156

Шажко Я. В., Шажко О. В., Ожегова Л. Д. Влияния волны разгрузки на изменения степени трещиноватости ……... 159

Шевченко В.П. Снежный покров – природный архив поступления рассеянного осадочного вещества из атмосферы …….. 161

Юдин В.В. Горнокрымская олистострома и нефтегазоносность верхнеюрских известняков в Черном море …….. 164

Юдин В. В. Тектоника Бельбекского учебного полигона в Крыму …… 168

Юшин К.И., Межеловский А.Д., Межеловская С.В. Петрогеохимическая и изотопно-геохронологическая характеристика метаосадков виленгской свиты Ветреного пояса ……. 170

Ян Хоуцян Эволюция тектонического развития Джунгарского осадочно-породного бассейна ……... 172

Ясенева Е.В., Ясенева И.А. Содержание тяжелых металлов в растительном покрове урбанизированный территории Севастополя …….. 174

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКОНТИНЕНТОВ И КРАЕВЫХ ПЛАТО СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ (ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

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

[1]*Музей Землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова;*
[2]*Музей Землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова*

agranovgrisha@gmail.com

Океаническое раскрытие между Гренландией и Европой (образование северной части Северной Атлантики) началось примерно 50–55 млн. лет назад после длительного периода рифтогенеза, за которым последовало формирование спредингового хребта Эгир и образование бассейна Норвежской котловины [5]. В процессе развития региона формировались специфические структуры, к которым, прежде всего, относятся микроконтиненты и краевые плато, условия формирования которых являются предметом исследования данной работы.

В пределах Северной Атлантики эти структуры имеют разную морфологию, строение коры и генезис. Наиболее изученными из них являются краевое погруженное плато Воринг и микроконтинент Ян-Майен. Предположительный механизм образования у вышеобозначенных структур схож. Первоначально, на этапе рифтогенеза, рифтовые трещины формировали зоны перекрытия, после чего подвижный блок, заключенные между ними, начинал деформироваться. В результате этого процесса возможны два исходы: 1) блок не отделяется от одной плиты и формируется краевое плато; 2) блок полностью отделяется и образуется микроконтинент. Без каких-то дополнительных допущений второй исход редок, но при наличии горячей точки вероятность данного события сильно возрастает. На примере этих двух структур рассмотрены условия формирования микроконтинентов и краевых плато с помощью физического моделирования.

Моделирование проводилось в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея землеведения МГУ. Эксперименты осуществлялось в соответствии с условиями подобия и методиками, описанными в работах [2, 3].

Исследования включали три серии экспериментов:

1). Моделирование образования зоны перекрытия при встречном продвижении двух рифтовых трещин. В модельной литосфере перед началом растяжения задавались две трещины. В процессе растяжения заданные трещины начинали продвигаться навстречу друг другу и образовывали зону перекрытия, которая в дальнейшем эволюционировала в микроконтинент, или краевое плато;

2). Моделирование образования зоны перекрытия под воздействием горячей точки. В данной серии перед началом растяжения вводилась горячая точка без изначально заданных трещин. Эти эксперименты демонстрируют влияние горячей точки на образование перескоков оси спрединга и отделение микроконтинентальных блоков, со всех сторон окруженных океанической корой;

3). Моделирование образования зоны перекрытия при встречном продвижении двух трещин и функционировании горячей точки после образования зоны перекрытия. Данные

эксперименты на начальном этапе схожи с экспериментами первой серии, но в момент образования зоны перекрытия вводилась локальная термическая аномалия, имитирующая горячую точку. Целью данной серии экспериментов было выявление влияния горячей точки на развитие рифтовых трещин в зоне перекрытия и на возможность перескока оси спрединга.

Физическое моделирование образования микроконтинента Ян-Майн и плато Воринг показало хорошее соответствие с предполагаемой эволюцией данного блока, в котором важную роль играют развитие двух рифтовых трещин, продвигающихся навстречу друг другу и наличие горячей точки на молодой континентальной окраине.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-05-00-378).

Литература

1. *Дубинин Е. П.* Геодинамические обстановки образования микроконтинентов, погруженных плато и невулканических островов в пределах континентальных окраин // Океанология. 2018. том 58. № 3. С. 463–475.
2. *Грохольский А.Л., Дубинин Е.П.* Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов // Геотектоника. 2006. Т.1 С.76–94.
3. *Шеменда А.И.* Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. Т.10 С.10–19.
4. *Kimbell G.S., Ritchie J.D., Henderson A.F.* Three-dimensional gravity and magnetic modelling of the Irish sector of the NE Atlantic margin // 2010. Tectonophysics. № 486. P. 36–54
5. *Peron-Pinvidic G., Gernigon L., Gaina C., Ball P.* Insights from the Jan Mayen system in the Norwegian–Greenland Sea—I. Mapping of a microcontinent // 2012. Geophys. J. Int. V. 191. P. 385–412.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПРОГНОЗ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ НЕОКОМСКИХ КЛИНОФОРМ ШИРОТНОГО ПРИОБЬЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Бабина Е.О., Мордасова А.В., Ступакова А.В., Калмыков Г.А., Суслова А.А., Большакова М.А., Гилаев Р.М., Шелков Е.С., Новиков Е.В., Клековкина А.О.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

eobabina@yandex.ru

В настоящее время основная добыча жидких углеводородов в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне связана с неокомским (берриасс-барремским) продуктивным комплексом, который имеет клиноформное строение. В Широтном Приобье в клиноформных отложениях готерив-барремского возраста открыты крупные нефтяные месторождения. В результате исчерпания запасов в структурных ловушках, основной интерес представляют неструктурные - литологические, стратиграфические, комбинированные ловушки (Карогодин, 1996).

Резервуары неокомского комплекса имеют сложное строение, зачастую являются невыдержанными как по разрезу, так и по латерали. Для продуктивных пластов характерны отсутствие гидродинамической связи, низкие фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) и невысокие значения дебитов при разработке.

Целью работы является характеристика и прогноз природных резервуаров нефти неокомского клиноформного комплекса на примере одного из месторождений Широтного Приобья. Основными задачами исследований являлись: определить генетические особенности и свойства природных резервуаров, дать прогноз распределения фильтрационно-емкостных свойств по площади изучаемого месторождения.

Для решения поставленных задач собрана база данных, которая включает литологическое описание и результаты исследований керна (ФЕС, гранулометрия и др.) для продуктивных пластов по 53 скважинам; результаты исследования шлифов по 20 скважинам; каротажные кривые ГИС и сейсмический куб.

В работе выполнено изучение строения и ранжирование клиноформных тел изучаемой площади с использованием сейсмостратиграфического и циклостратиграфического анализа. Выполнен анализ описания и результатов изучения керна, выделены ассоциации литофаций для каждой части клиноформы (унда-, орто- и фондоформы). Создана генерализованная таблица диагностических свойств и дана характеристика фильтрационно-емкостных свойств для резервуаров различного генезиса в пределах клиноформы.

В пределах изучаемой площади выделяются три клиноформы: ахская (берриас-валанжинского возраста), пимская (валанжин- готеривского возраста) и приобская (барремского возраста), разделенные между собой выдержанными трансгрессивными глинистыми отложениями. Для каждой клиноформы выделяются унда-, орто- и фондоформа. Скважинные разрезы типизированы согласно каждой зоне клиноформы.

В результате изучения керновых данных выделены осадочные тела, накопление которых происходило в условиях

регрессирующего морского бассейна в пределах палео-шельфа, палео-склона и палео-депрессионной зоны.

В пределах палео-шельфа накапливались отложения прибрежно-морских баров и русел подводной дельты. В пределах палео- склона распространены отложения подводных каналов и оползней. В депрессионных зонах характерны отложения подводных конусов выноса.

Наиболее высокими фильтрационно-емкостными свойствами характеризуются резервуары баровых тел (значения пористости достигают 24%), русел подводной дельты (значения пористости достигают 22%), подводных русел и каналов на склоне (значения пористости достигают 20%) и проксимальных зон подводных конусов выноса (значения пористости достигают 20%).

В результате выполненных исследований, выделены границы клиноформных тел, проведена типизация резервуаров согласно каждой части клиноформы. Определены генетические особенности и свойства природных резервуаров, а также закартированы области их распространения.

Литература

1. *Гришкевич В.Ф.* Макроструктура берриас-аптских отложений Западной Сибири и ее использование при построении информационных технологий в геологии нефти и газа. Тюмень: «ИздатНаукаСервис», 2005. 116 с.
2. *Карогодин Ю.Н., Ершов С.В. и др.* Приобская нефтеносная зона. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. 252 с.
3. *Конторович А.Э., Нестеров И.И. и др.* Геология нефти и газа Западной Сибири. Москва: Недра, 1975. 679 с.

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР С УЧЕТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ЛАНДШАФТНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ Г. СЕВАСТОПОЛЯ

Бичайкина Е.И., Борисенко Д.А.

ООО "АЛСИОН Технологии"
taurgi@yandex.ru

На территории города Севастополя в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях и при быстрых темпах развития региона большое значение приобретает своевременный и актуальный мониторинг состояния недр.

Характеристика объекта исследования. Геолого-литологические условия территории города Севастополя являются определяющими в формировании оползневых процессов. Территория города представлена разнообразным комплексом пород, среди которых выделяются морские и континентальные отложения. На тех участках, где в разрезе преобладают глины и мергели, формируются оползни. 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 приводит к серьезным экономическим потерям.

По гидрогеологическому районированию площадь территории относится к Равнинно-Крымскому артезианскому бассейну и гидрогеологической складчатой области Горного Крыма. Это гидрогеологические структуры первого порядка. Анализ ранее проведенных работ позволил выделить семь водоносных комплексов (снизу-вверх): верхнетриасово-среднеюрский; верхнеюрский; нижнемеловой; верхнемеловой; палеоценово-эоценовый; миоценовый; комплекс плиоценовых и четвертичных отложений. В 2018 году в г. Севастополе фактический объем извлечения подземных вод составил 13,36 млн. м^3 при предельно допустимом уровне извлечения 24,63 млн. м^3. Доля фактической добычи к предельно допустимой составила 54,25 % [4].

Методика исследований. Полевые работы: визуальное обследование территории г. Севастополя и конкретных участков проявления, опасных ЭГП, дешифрирование аэрофотоснимков. Камеральные работы: работа в фондах геологической информации, сбор пространственных данных из федерального фонда пространственных данных, анализ полевой и архивной информации, создание информационных структурированных массивов данных по подсистемам «опасные ЭГП» и «подземные воды», создание цифровых карт.

Геоморфологические особенности территории города Севастополь. В пределах района города Севастополь расположены юго- западные окончания Внешней, Внутренней и Главной гряд Крымских гор и разделяющих их межгрядовых понижений [1, 2]. Внешняя гряда представляет собой плато ограниченное с северо-запада береговым обрывом. Поверхность плато образуют террасы средиземноморского ряда в возрастном диапазоне от голоцена до миоцена. На Северной стороне они преимущественно аккумулятивные (17%), на Гераклейском полуострове – абразионные (3,5%). Здесь и далее в скобках площадь в процентах от всей изученной территории. Внутренняя гряда отделена от Внешней и

Главной гряд Северным и Южным межгрядовыми понижениями. Межгрядовые понижения (24%) образованы крутыми и пологими склонами, выработанными в известняках; плоскими и холмистыми днищами, выработанными в мергелях и глинах. Внутренняя гряда образована двумя куэстами, состоящими из аналогичных элементов. Главная гряда имеет уплощенную вершинную поверхность, образованную реликтами поверхностей выравнивания (3,5%). Склоны эрозионных долин (30,5%) умеренно развиты на плато Внешней гряды, широко в пределах Внутренней гряды и Южного межгрядового понижения. Прочие элементы рельефа представлены обвально- оползневыми (6%), пролювиальными (6%), аллювиальными (4%) аккумулятивными и коллювиально-деллювиальными (3%), абразионными (2%) и тектоногенными (0,5%) денудационными поверхностями. Неотектонические поднятия во внешней гряде достигают 50–70 м, а в Главной – 800 м. Примерно на 25% площади изученной территории имеются геолого-геоморфологические предпосылки для развития оползневых процессов. При этом выявлены значительные территории, отнесенные к категории высоко подверженных образованию оползней, на которых не известно ни одного оползня. Мы связываем это с недоизученностью таких территорий в связи со слабой хозяйственной освоенностью. Причины широкого распространения оползневых процессов в пределах рассмотренного района достаточно очевидны – обилие форм рельефа с крутыми склонами, высокое содержание глин в толщах, слагающих район, приморский климат с большим количеством атмосферных осадков и высокая сейсмичность территории.

Геолого-геоморфологическое районирование. В пределах рассматриваемой территории используются элементы схемы районирования, предложенной К.И. Габлицем [3] – Внешнюю, Внутреннюю и Главную гряды. Данная схема было дополнена, на ней выделены системы межгрядовых понижений – Северное (между Внешней и Внутренней грядами) и Южное (между Внутренней и Главной грядами). В направлении с северо-запада на юго-восток последовательное чередование гряд и понижений.

Районирование территории города Севастополь по степени опасности проявления оползневых процессов как результат мониторинговых исследований в 2016–2019 гг. Целесообразно рассматриваемую территорию на три категории по условиям возникновения оползней без дополнительного внешнего воздействия: 1 – отсутствуют условия для формирования оползней, 2 – существует умеренная вероятность проявления оползней, 3 – существует высокая вероятность проявления оползней.

К первой категории аккумулятивные: относятся морские террасы, делювиальные конусы выноса и шлейфы, поймы и аллювиальные террасы; денудационные: поверхности выравнивания, денудационные склоны, пологие склоны карстовых впадин, днища полий и холмистые участки в их пределах, сильно выположенные эрозионные склоны и сильно выположенные береговые уступы. Здесь оползневые процессы без внешнего воздействия невозможны, но могут проявляться в случае производства в ее пределах объемных работ по созданию насыпей и выемок. Также при землетрясениях магнитудой более 7, возможно вовлечение в оползневой процесс краевых частей водораздельных плато в полосе шириной до 1–2 км, примеры чего в недавней геологической истории имеются. Ко второй категории относятся только эрозионные склоны умеренной крутизны и умеренно выположенные абразионные уступы. Здесь обвально-оползневые процессы могут проявляться в аномально влажные годы и при производстве строительных работ. К третьей категории относятся

аккумулятивные: оползни, обвалы и отвалы горных пород; денудационные: стенки отрыва оползней и обвалов, крутые денудационные уступы, крутые склоны карстовых полей, крутые борта эрозионных долин, тектоногенные уступы, абразионные уступы и борта крупных карьеров. Здесь обвально-оползневые процессы либо проявляются постоянно в текущем времени, либо активизируются при антропогенном воздействии, сезонном увлажнении или выпадении повышенного количества осадков.

Система мониторинга ЭГП. История инженерно-геологического, гидрогеологического изучения г. Севастополя охватывает период с конца XVIII в. – после присоединения Крыма к России в 1774 г. И с начала строительства г. Севастополя, как военно-морской базы на Черном море в 1783 г. по настоящее время. По данным многолетних наблюдений на территории г. Севастополя насчитывается более 120 оползней. До 2014 г. изучение и мониторинг оползней проводилось специалистами ГУП РК «Крымгеология» (ранее «Южэкогеоцентр»). С 2014 г. эти полномочия переданы Главному управлению природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор). К настоящему времени в территориальных центрах ведения государственного мониторинга геологической среды, в т. ч. и экзогенных геологических процессов (ЭГП), используется ряд руководств и методических документов, регламентирующих условия работ на различных стадиях исследований [3, 5–8]. Большинство из них опирается на опыт прогнозирования времени и активности проявления опасных типов ЭГП на основе данных по опорной наблюдательной сети. В 2018 г. была сформирована государственная опорная наблюдательная сеть, состоящая из 10 пунктов наблюдения за опасными ЭГП.

В таких условиях ведение мониторинга ЭГП целесообразно начинать с территориального уровня, который относится к подготовительному этапу [5] и по видам работ соответствует первой стадии: «Специальное инженерно-геологическое исследование территории масштаба 1:200000–1:500000». Она предусматривает выявление распространения и оценку пораженности ЭГП, районирование территории по условиям их развития и организацию опорной наблюдательной сети. Эти задачи решаются путем создания информационно-аналитической системы, позволяющей решать регламентированные задачи, в т. ч. прогнозирование процессов и их возможного воздействия на хозяйственную деятельность.

В данной работе излагается опыт организации и ведения мониторинга ЭГП в по материалам комплексных съемок масштаба 1:200000–1:50000 и дистанционного зондирования Земли с изучением постоянных природных факторов, определяющих генетические типы и интенсивность проявления ЭГП.

Территориальный уровень мониторинга экзогенных геологических процессов опирается на анализ формационно-стратиграфических, структурно-тектонических и геоморфологических условий их развития и качественную оценку взаимодействия природной среды и проявления процесса. Высокая достоверность решаемых задач достигается полнотой учета факториальных признаков, их иерархического соответствия масштабу исследований и применению ранговых шкал для описания геологических явлений. Главной и конечной целью исследований является прогноз развития ЭГП, под которым понимается экспертная оценка, основанная на закономерностях развития и интенсивности проявления ЭГП.

Краткий анализ результатов мониторинга по подсистеме «подземные воды» за 2017–2018 гг. Особенности геолого- гидрогеологических условий формирования подземных вод на территории г. Севастополя обусловили распространение подземных вод ограниченного целевого назначения – питьевых и технических подземных вод. Согласно данным государственного баланса запасов подземных вод на территории г. Севастополя отсутствуют месторождения минеральных, теплоэнергетических подземных вод. Приоритетными задачами мониторинга подземных вод на территории г. Севастополя являются оценка состояния ресурсной базы подземных вод, их освоения и использования, а также оценка изменения состояния подземных вод под влиянием природных и техногенных факторов.

По гидрогеологическому районированию земли г. Севастополя расположены в пределах двух гидрогеологических бассейнов 1 порядка: в Равнинно-Крымском артезианском бассейне и Горно-Крымском бассейне пластово-блоковых вод (юго-восточная часть, район северо-западного склона главной гряды Крымских гор).

В границах Равнинно-Крымского артезианского бассейна выделено Альминское месторождение подземных вод, в Горно-Крымском – Западно-Крымское месторождение подземных вод.

По состоянию на 01.01.2019 в г. Севастополе разведаны и утверждены эксплуатационные запасы подземных вод в количестве 92,359 тыс.м^3/сут, в том числе по категориям: А – 61,9 тыс. м^3/сут, В – 22,665 тыс. м^3/сут, С1 – 5,494 тыс. м^3/сут, С2 – 2,3 тыс. м^3/сут [1].

Объем извлечения запасов подземных вод, прошедших государственную экспертизу, в 2018 году по г. Севастополь составил 33,41 тыс. м^3/сут. Доля фактической добычи подземных вод на утвержденных запасах к предельно допустимой составила 52,85 % [4].

В пределах территории города Севастополя уже существует государственная опорная наблюдательная сеть (ГОНС), которая представлена 11 скважинами, пробуренными на следующих водоносных горизонтах: водоносный горизонт четвертичных отложений (Q); водоносный горизонт сарматских отложений (N_{1S2}); водоносный горизонт среднемиоценовых отложений (N_{1-2}); водоносный горизонт отложений верхнего мела (К). Наблюдательные скважины, пробуренные на горизонт верхнеюрских отложений, в ГОНС не включены.

По данным мониторинговых наблюдений за качеством водоносного горизонта в четвертичных аллювиальных отложениях в 2018 г. выявлены загрязнения (нитраты, барий, нефтепродукты, аммоний солевой, железо, марганец, натрий) на 5 наблюдательных скважинах.

По данным мониторинговых наблюдений за качеством водоносного горизонта в сарматских отложениях в 2018 г. выявлены загрязнения (барий, нефтепродукты, железо, марганец) на 1 наблюдательной скважине – вблизи Орловского водозабора.

Отдельно стоит описать состояние Орловского водозабора. Определяющим фактором в формировании уровня и химического режима подземных вод сарматских отложений на Орловском водозаборе является водоотбор. По результатам анализа данных статистической отчетности в 2017–2018 гг. выявлено превышение содержания хлоридов на Орловском водозаборе, эксплуатируемом ГУПС «Водоканал» для питьевого и

хозяйственно-бытового водоснабжения населения и предприятий. Связано это с ошибками при эксплуатации Орловского водозабора в 1980-е годы. Характер гидрогеохимических аномалий указывает на подток морских вод за счет развившейся депрессионной воронки при интенсивном водоотборе. Сокращение отбора подземных вод на Орловском водозаборе с 1988 года в среднем на 24 тыс. м^3/сут благоприятно сказывается на гидродинамическом режиме водоносного горизонта в сарматских отложениях, однако превышение содержания хлоридов отмечается до сих пор. В настоящее время фактический водоотбор на Орловском водозаборе составляет 3,318 тыс. м^3/сут в 2017 г., что почти в 8 раз меньше предельно допустимого среднесуточного водоотбора (26,617 тыс. м^3/сут).

В условиях возрастания антропогенной нагрузки на окружающую среду, развития производства и роста материальных потребностей, проблема рационального использования имеющихся ресурсов подземных вод является особенно актуальной. Углубленное изучение инженерно-геологических условий на территории г. Севастополя, а также грамотный мониторинг состояния недр по подсистеме «опасные ЭГП» способствует эффективному территориальному планированию строительства различного назначения, а также предупреждению возникновения ЧС.

Литература

1. *Бичайкина Е.И.* Выполнение камеральных работ и подготовка материалов для оценки состояния недр города Севастополя, г. Севастополь, 2018 г. ФГБУ «Росгеолфонд», № 533800.
2. *Борисенко Д.А.* Ведение мониторинга геоэкологических процессов на территории города Севастополя, г. Севастополь, 2017 г. ГБУ Севастополя «Экоцентр», № 0487.
3. Влияние водно-хозяйственных мероприятий на гидрогеологические и инженерно-геологические условия. М.: Недра, 1989.
4. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2018 год. Севастополь, 2019 г. Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя.
5. Методические рекомендации по организации и ведению государственного мониторинга экзогенных геологических процессов. Сост. А.И. Шеко, В.С. Круподеров, В.И. Дьяконова и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 1997.
6. Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов в системе государственного мониторинга геологической среды / сост. А.И. Шеко, Г.П. Постоев, В.С. Круподеров и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 1999.
7. Методические рекомендации по составлению и ведению реестра наблюдательной сети мониторинга экзогенных геологических процессов / под ред. М.В. Кочеткова. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000.
8. *Трегуб А.И.*, Глушков Б.В., Корабельников Н.А. и др. Экзогенные геодинамические процессы: оценка, прогноз, мониторинг (На примере Воронежской области). Воронеж: ВГУ, 1999.

ВОЗМОЖНАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ И СТРОЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТУАПСИНСКОГО ПРОГИБА ЧЕРНОГО МОРЯ

Валиева Э.И., Крылов О.В.

Геологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова

elvinn_v@mail.ru

В последнее время все больше внимания уделяется Черноморскому региону с точки зрения поисков новых месторождений углеводородного сырья. В данном регионе есть ряд признаков действующих УВ систем: нефтегазонасыщенные осадки, грязевые вулканы, скважины с наличием притоков. Однако, многие вопросы геологического строения и перспектив нефтегазоносности изучаемого участка еще не выяснены или являются дискуссионными.

Целью данной работы является изучение нефтегазоносности и строения углеводородных (УВ) систем северо-западной части Туапсинского прогиба Черного моря.

В географическом отношении исследуемый участок, Туапсинский прогиб, расположен в северо-восточной части Черного моря, к югу от побережий Керченского и Таманского полуостровов.

Формирование прогиба, как тектонического элемента, началось на рубеже позднего эоцена раннего олигоцена в связи с началом формирования горноскладчатого сооружения Большого Кавказа[1]. В прогибе выделяют две зоны: внутреннюю и внешнюю. Внутренняя слабо изучена и имеет сложноскладчатое строение. Во внешней в осадочном чехле можно выделить три комплекса: нижний – келловейско-эоценовый, средний – олигоцен-нижнемиоценовый и верхний – среднемиоценово-четвертичный [2].

В Восточно-Черноморском регионе имеются нефтегазопроявления в мезокайнозойских отложениях как на суше, так и в морской части. В пределах суши открыты небольшие месторождения УВ (Супсинское, Дообское, Прасковейское, Шромисубани-Цхалцминда, Восточное Чаладиди и др). В морской части зафиксированы многочисленные нафтидо- и газопроявления в виде капельно-жидкой нефти, асфальта, битума, горючих газов, закированных песчаников, газогидратов и т.д [3]. В северо-западной части Туапсинского прогиба были открыты грязевые вулканы, в которых наряду с явными проявлениями углеводородных флюидов, имеются обломки брекчий нефтематеринских толщ среднего майкопа, свидетельствующих о нефтегазоносности этих отложений. Кроме того, на прикерченском шельфе открыто месторождение Субботина, где в майкопских отложениях были вскрыты промышленно-нефтеносные песчаные коллектора.

Нефтегазоматеринские толщи на данной территории исследовались специалистами МГУ (Баженова О.К., Фадеева Н.П., Надежкин Д.В., Суслова Э.Ю. и др.) на основании изучения пород на прибрежной суше, а также обломков глинистых пород из брекчий грязевого вулкана Нефтяной. В целом, для региона можно выделить следующие нефтематеринские толщи: аргиллиты нижней-средней юры (средние содержания Сорг составляют около 1%), аргиллиты апта-альба (средние содержания Сорг составляют около 0,5–1%), тонкие прослои высокоуглеродистых черных сланцев в верхах сеномана

(мощность 1 м, среднее содержание Сорг достигает 10%), глинистые мергели позднего эоцена шельфовых комплексов (средние содержания Сорг доходят до 2–3%) и одновозрастные прослои высокоуглеродистых осадков в толщах турбидитов (толщина 1–2 м, Сорг – 7-10%) , глины майкопских отложений (средние значения Сорг – 1–3%).

Многими исследователями в Туапсинском прогибе выделяется несколько крупных потенциальных резервуаров: верхнеюрские карбонатные постройки поднятия Шатского-Туапсинского бассейна; палеоценовые биокластовые шельфовые известняки (в районе исследования по региональным данным достаточно низкие емкостно-фильтрационные свойства); среднеэоценовые нуммулитовые известняки (высокая проницаемость, пористость до 20%) известны в Крыму, в некоторых районах Абхазии, Грузии и северной Турции ; олигоценовые турбидитовые тела (нефтеносность подтверждена открытием месторождения Субботина, высокая пористость до 20-30%, тела песчаников образуют линзы в конусах турбидитовых тел) и неогеновые аллювиальные отложения, связанные с речными руслами [2, 5].

Потенциальными покрышками на данной территории являются регионально распространенные карбонатные толщи мелового возраста, глинистые мергели верхнего эоцена, глины олигоцена, регионально простирающиеся майкопские глины и неогеновые глинистые отложения [2]. В рамках работы была построена 1D модель по скважине Субботина, пробуренная на одноименном поднятии в Керченско- Таманской зоне. Разрез отложений в данной скважине представлен терригенно-карбонатными породами кайнозойского возраста. По результатам моделирования нефтегазоматеринские толщи в данном районе не достигли главной зоны нефтеобразования, а значит процесс генерации УВ в них еще только на самом начальном этапе. Мы предполагаем, что очаги генерации могут находиться западнее (прогиб Сорокина) или восточнее (Туапсинский прогиб).

По мнению Надежкина Д.В., нефти Керченско-Таманского и Туапсинского прогибов входят в генетическую группу нижнеолигоценовых нефтей (имеют характерный морской облик с небольшой примесью континентальной органики) [4]. В случае совпадения характеристик нефтепроявлений Туапсинского прогиба, не искаженных биодеградацией, и нефти месторождения Субботина, можно будет спрогнозировать основные фациально-генетические характеристики для нефтепроявлений Туапсинского прогиба.

Литература

1. *Stovba, S., Khriachtchevskaia, O., Popadyuk, I.,* 2009. Hydrocarbon-bearing areas in the eastern part of the Ukrainian Black Sea. Lead. Edge 28 (9), 1042-1045.
2. *Надежкин Д. В., Иванов М. К.* Сравнительная характеристика биомаркеров нефтей из подводных и наземных нефтепроявлений Восточно-Черноморского региона // Геология нефти и газа. 2011. № 3.
3. *Баженова О.К., Фадеева Н.П., Никишин А.М. и др.* Геохимическая характеристика и нефтегазоматеринский потенциал мезозойских и кайнозойских отложений Восточного Причерноморья. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2006. N 5. С. 44-51.
4. *Альмендингер О.А., Митюков А.В., Мясоедов Н.К., Никишин А.М.* Современный рост складок, процессы эрозии и седиментации в глубоководной части Туапсинского прогиба в Черном море по данным 3D сейсморазведки // Докл. РАН. 2011. Т. 439, № 1. С. 76–78.
5. *Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н.* Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. М.: Научный мир, 2007. 172 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДНЫХ ТОЛЩАХ МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЕДИЦИИ НИС «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ»

Ворожейкина Е.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

evorozheikina@mail.ru

На протяжении нескольких десятилетий перед учёными стоит задача об исследовании проблемы загрязнения Мирового океана микропластиком. По оценкам, в 2018 году во всем мире было произведено около 360 миллионов тонн пластика [1]. Разные типы пластмасс производятся по всему миру, но коммерческий рынок в основном производит четыре вида пластмассы: полиэтилен (73 миллиона тонн), ПЭТ (53 миллиона тонн), полипропилен (50 миллионов) тонн и ПВХ (35 миллионов тонн) (ЮНЕП), 2016 г.). Пластиковый мусор ежегодно попадает в Мировой океан, создавая угрозу для морской биоты и мест ее обитания, что негативно сказывается на экономических и эстетических аспектах. За последнее время, в результате исследований распространенности микропластика в морской среде, было зарегистрировано «пластическое загрязнение» во всем мире. Северный Ледовитый океан, как правило, считается менее загрязненным, чем другие районы Мирового океана. Однако, распространенность и накопление микропластика, как следствие вторичного загрязнения, представляет собой экологическую катастрофу. Микроорганизмы, планктон, медузы, крабы, рыбы, все оказываются подневольными потребителями пластика. Тенденция к усилению загрязнения может привести к необратимым последствиям для всего живого на Земле.

Во время научно-исследовательской экспедиции (АМК-78) на НИС «Академик Мстислав Келдыш», с 14.09.19 по 22.10.19 г. проводился отбор проб микропластика из поверхностного слоя моря при помощи нейстонной сети и проточной системы на территории морей Российской Арктики. Были применены методы отбора и обработка проб микропластика, соответствующие международным рекомендациям [2].

Сбор материала нейстонной сетью был осуществлён на 44 точках опробования в период с 16.09.19г. по 21.10.19г. в морях Российской Арктики (Баренцево, Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское морях). Расстояние, по ходу движения судна, на котором был осуществлен отбор поверхностного пластика, составил около 2000 м (полчаса траления при скорости в 2 узла), ширина сети 0,60 м, высота сети 0,40 м.

GPS координаты были взяты на этапе заброса сети и при поднятии нейстонной сети трола обратно на судно. Далее в лабораторных условиях проводился анализ взвешенного вещества на наличие микропластика в отобранной пробе.

Сбор взвешенного вещества из проточной системы был осуществлен через последовательно установленные фильтры размером 1.5 мм и 200 мкм устройства для фильтрации взвеси. В ходе экспедиции были получены 60 точек опробования воды на содержание микропластика из проточной системы.

Пробы взвеси из проточной системы собирались ежедневно после фильтрации 20 м^3 воды. Первый этап отбора проб из проточной системы осуществлялся с более мелкими

частичками при прямом токе воды, затем проба с более крупными частичками при обратном токе воды. Полученные образцы, были отправлены в лабораторию Norwegian Institute for Water Research (NIVA).

Определение химического состава частиц микропластика проводилось с помощью прибора MicroNIR фирмы VIAVI. MicroNIR – это оптический спектрометр, используемый для количественного и качественного анализа твердых веществ, жидкостей и газов в пищевой промышленности и сельском хозяйстве, медицине, фармацевтике и экологии. Частицы пластика облучались лучом спектрометра, и отраженный спектр анализировался для определения близости к спектрам разных видов пластика, имеющихся в библиотеке.

Кроме того, все частицы фотографировались, и их изображения анализировались с помощью оригинального кода на языке Python, чтобы определить размерные характеристики частиц. Визуализация полученных результатов также производилась с помощью оригинального кода на языке Python, позволяющего строить пространственный распределения характеристик частиц совместно с параметрами, измеряемыми в проточной системе, установленной на корабле (температура, соленость, кислород и пр.).

Исследования, направленные на выявление наличия микропластика в морях Российской Арктики, демонстрируют, что в большинстве случаев (около 90%) ловли нейстонной сетью были обнаружены частички пластика. Таким образом, в ходе научно-исследовательской экспедиции (АМК-78), была проведена оценка современного геоэкологического состояния исследуемых акваторий морей Российской Арктики.

Исследование выполнено при поддержке Программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета ВИУ-ОГ-215/2020.

Работа поддержана Государственным Заданием РФ «Наука», проект FSWW-0022-2020.

Литература

1. *Plastics-Europe*, 2019.
2. *Michida, Y. et al.* Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods. Version 1.0. Chiyoda-ku, Japan, Ministry of the Environment, 2019. 68 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ БЕРЕГОВ СЕВАСТОПОЛЯ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА УЧКУЕВКА)

Воскресенский И.С., Зорина В.В., Михеева С.Н., Сократов С.А., Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М.

Географический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова

isvoskresensky@rambler.ru

Памяти Е. И. Игнатова

Процессы изменения береговых морфосистем требуют постоянного и пристального внимания. Даже незначительная динамика склонов берегов способна привести не только к колоссальным изменениям в рельефе, но и к катастрофическим явлениям, угрозе жизни человека.

Изучение эволюции оползневых склонов берегов Севастополя необходимы для решения задач инженерно-географических исследований. Применение современных методик получения информации об эволюции поверхности исследуемого района позволяет комплексно подойти к оценке динамики береговых морфосистем. Использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и крупномасштабного картографирования даёт возможность выявлять незначительные изменения и отклонения от нормы, которые могут способствовать возникновению необратимых оползневых процессов.

Участок исследований находится вблизи посёлка Учкуевка в Нахимовском районе города Севастополь на юго-западе Крымского полуострова. Для изучения эволюции оползневых склонов на участке исследований разбит полигон, площадью порядка 0,13 км^2 с перепадами высот до 46 метров при средней крутизне стен уступа более 70˚.

Перед началом полевых исследований были изучены крупномасштабные картографические источники: карты XIX, XX веков и современные, а также данные дистанционного зондирования (ДДЗ), растрированные и трансформированные в единую систему координат (СК). Анализ разновременных источников наглядно показал эволюцию развития оползневых процессов участка исследований между абразионно-оползневым уступом и побережьем.

Так, например, дистанция по профилю в северо-западном направлении от контрольной точки, расположенной на террасе вблизи бровки уступа, до линии уреза воды составила: в 1886 г. – 109.5 м, в 1941 г. – 41.3 м, в 1986 г. – 57.9 м, в 2019 г. – 98.9 м. Дистанция от бровки террасы до контрольной точки составила: 1886 г. – 126 м, 1941 г. – 66.2, 1986 г. – 8.7 м, 2019 г. – 8 м. Это свидетельствует о динамике береговых морфосистем, где скорость отступания береговой линии зависит от скорости и интенсивности оползневых процессов (обрушения, отседания и т.д.). Также учитывается роль берегового потока наносов, ориентации берега относительно направления преобладающих нагонов, штормов и течений.

Кроме того, на ранних картографических источниках в границах полигона отмечен родник. В настоящее время в основании крутого склона южной части полигона установлено место выхода водотока.

В ходе полевых работ 2019–2020 гг. на полигоне заложена долговременная опорная геодезическая сеть. Общее число точек опорной сети – 15 знаков, часть из них располагаются на оползневой террасе для целей картографирования и мониторинга динамики оползневых процессов. Измерения проводились высокоточными мобильными комплексом ГНСС («Leica Viva») и уравнивались в постобработке относительно трёх референц-станций ГНСС («EVPT»-Евпатория, «SIMF»-Симферополь, «SEVS»-Севастополь), что позволило получить однозначное решение для координат точек опорной сети.

Картографирование территории полигона проводилось по цифровым снимкам, фиксированным с помощью беспилотных летательных аппаратов (БЛА), при средней высоте съёмки около 20 м относительно террасы уступа. Было получено более 700 снимков (46 галсов, с перекрытием 70%), которые затем обработаны фотограмметрическим методом с геопространственной привязкой к точкам опорной сети полигона. По результатам обработки сформирован ортофотоснимок, а после фильтрации артефактов на цифровой модели местности (ЦММ) построена цифровая модель рельефа (ЦМР) полигона.

Все исходные картографические источники и ДДЗ, а также материалы полевых исследований, интегрированы послойно в геоинформационную систему (ГИС) в заданной СК (UTM-36). В среде ГИС составлен топографический план полигона с сечением рельефа 0.5 м, отражающий ситуацию в виде горизонталей и условных знаков; по ЦМР построены производные карты полигона: углов наклона, экспозиции склонов, кривизны и т.п., что позволяет проводить моделирование в целях прогнозирования развития оползня.

Изучаемый полигон расположен в прибрежной полосе рыхлых отложений, представленных грунтами с плотностью до 3 кг/см^2. Это благоприятствует развитию деформаций грунтов (просадке, сжатию и пучению), что также ускоряет развитие оползневых процессов. Водоносный горизонт среднемиоценовых отложений включает в себя песчаники и пески. Верхний водоупор – глины нижнего сармата, нижний – глины майкопской серии с глубиной залегания безнапорных грунтовых вод 14 – 18 м, кровлей напорного водоносного горизонта на 56 – 126 м. Питание водоносного горизонта осуществляется инфильтрацией атмосферных осадков и за счет движения из вышележащего сарматского водоносного горизонта [1].

Характеристики, важные при исследовании оползневых склонов: тип горных пород, их влажность, скорость движения оползня по склону, объем пород, смещение при оползнях, максимальная длина оползня по склону [3]. Среди оползней района Укчкуевка выделяют как относительно современные (большая часть оползневого массива, возраст оползня – около 100 лет), так и новейшие, сошедшие пару лет назад (сравнительно невелики – самый крупный из них в районе мыса Толстый, 2018 г.).

Основные группы оползней, встречающиеся на исследуемой территории [2]:

- структурные, причинами возникновения которых являются крутизна склонов с перегрузкой верхней части склона застройкой;

- контактные или соскальзывающие, возникающие за счет соскальзывания массы по глинистой плоскости напластования с крутыми уклонами;

- суффозионно-структурные, где рыхлые породы перестилаются с пластами водоносного песка: частицы выносятся подземными водами, позволяя массе двигаться по слою влажного разжиженного песка.

Стоит отметить, что эта территория активно застраивается и используется не только в селитебных, но и в рекреационных целях, зачастую без учета особенностей рельефа и процессов, что создает дополнительную нагрузку на склоны и является одной из причин возникновения оползней. Ввиду отсутствия грамотного технического сопровождения селитебной зоны посёлка Учкуевка (неверная конструкция дренажа, пренебрежение расчётами нагрузок и несоблюдения мероприятий по предотвращению оползневых процессов) оползневые склоны проявляют ярко выраженную динамичность.

Исследование проводилось при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Совершенствование управления рисками оползневых и селевых потоков в горных районах» (BRICS2019-104, УИ RFMEFI61319X0097).

Литература

1. *Болотов С.Н., Никитин МЮ.* Геологическое строение крымского учебного полигона МГУ (2 части). Альбом рисунков по второй учебной геологической практике. М.: Издательство МГУ, 2006. 135 с.
2. *Игнатов Е.И., Орлова М.С., Санин А.Ю.* Береговые морфосистемы Крыма. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014. 266 с.
3. *Неровных А.Н., Заворотный А.Г., Бутенко В.М.* Опасные природные процессы: учеб.пособие / А.Н. Неровных, А.Г. Заворотный, В.М. Бутенко, В.В. Сарычев, С.А. Резниченко. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 306 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ В РАЗРЕЗЕ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МЕСОПОТАМСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА

Гаязова Э.Н.[1], Крылов О.В.[1], Горбачев С.Д.[2]

[1]*Геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова;*

[2] *ООО "ЛУКОЙЛ Персонал";*

gayazo985@yandex.ru

Альпийская складчатость является последней из крупнейших эпох тектогенеза. Площадь, охваченная кайнозойской складчатостью обширна и включается в себя части горно-складчатых сооружении Европы, Азии, Северной и Южной Америки. В область развития кайнозойской складчатости входят интересующие нас юго-восточная часть Крыма и складчатая зона Загроса, которые помимо единого возраста формирования складчатости, также имеют близкий возрастной диапазон осадного чехла.

Складчатая зона Загроса была образована в миоценовое время в результате столкновения Нубийско-Аравийской платформы с устойчивым Европейским континентом. Одновременно с горообразованием шло активное развитие Месопотамского краевого прогиба, как результат закрытия мезозойского океана Тетис. На архей–протерозойском фундаменте к этому времени уже сформировались мощные преимущественно карбонатного состава толщи палеозойско-мезозойского осадочного чехла и шло активное накопление терригенно-карбонатных осадков с прослоями эвапоритовых пачек кайнозойского возраста [1].

На территории, прилегающей непосредственно к горно-складчатой зоне Загроса, выделяются складчатые структуры преимущественно тектонического генезиса. Некоторые исследователи считают, что в южной части Месопотамского краевого прогиба выделяются антиклинальные структуры, возникшие как результат образования рифовых построек в меловом периоде и активизации инфракембрийских солей на границе мезозоя и кайнозоя [2].

Нефтегазопоисковые работы в южной части Месопотамского краевого прогиба ведутся с середины XX века, в карбонатных породах мелового возраста, которые считаются наиболее перспективными открыто несколько гигантских нефтяных месторождений (Румейла, Зубейр, Ратави и другие) [2].

Для изучения особенностей геологического строения области объектом исследования было выбрано многопластовое нефтяное месторождение-супергигант, расположенное в Ираке. Оно приурочено к крупной пологой антиклинальной складке субмеридионального простирания в Басра-Кувейтской впадине Месопотамского прогиба.

Разрез месторождения изучен бурением до отложений средней юры. Нефтеносность приурочена к отложениям мелового возраста, а промышленная нефтеносность месторождения связана с верхнемеловыми сеноман-туронскими известняками свиты Мишриф и подстилающей свиты Румайла. Продуктивные отложения характеризуются относительно высокой степенью геолого-геофизической изученности (Кп = 20-30 %, Кпр = 800-1000 мД, средняя эффективная толщина отложений – около 40 м), вместе с этим, в значительно меньшей степени изучены выше- и нижезалегающие перспективные

горизонты, среди которых особый интерес представляют потенциально нефтеперспективные толщи берриас–готтеривских возраста свиты Ямама.

Целью данной работы являются исследование геологического строения месторождения и выявление новых перспективных нефтегазоносных объектов в разрезе осадочного чехла. В ходе работ был выполнен анализ сейсмических съемок, обработка результатов интерпретации сейсморазведки 2D и 3D, уточнение структурного каркаса на базе имеющихся геолого-геофизических данных и корреляция скважин, детальное структурное моделирование необходимое для изучения геометрии залежей и перспективных объектов.

Полученный каркас месторождения включает в себя 33 горизонта в интервале глубин 1000 м до 4100 м, соответствующих пластам от олигоцена (свита Даммам) до верхней юры (свита Сулайи). Горизонты в модели были построены на основе интерпретации данных сейсморазведки, 4 горизонта малой мощности в верхней части разреза были отстроены методом схождения с использованием данных межскважинной корреляции и карт мощностей. Точность структурной модели подтверждается данными бурения, которое продолжается в настоящее время на территории месторождения.

В целом, отмечается унаследованный характер залегания пластов, что важно для понимания того, что в пределах мезозойско-кайнозойской части разреза месторождения не было заметных вторичных тектонических движений, ловушки изученных и перспективных интервалов аналогичны - они сформировались еще до начала процесса генерации углеводородов в нефтематеринских толщах. Структура месторождения представляет собой антиклиналь с более крутым восточным крылом, амплитудой 240 м по изогипсе – 2520 м для свиты Мишриф (сеноман–турон). С глубиной структура обретает большую амплитуду, становится более контрастной, заметных тектонических нарушений в пределах изученной области не обнаружено. Полученные структурные поверхности были использованы при построении геологических моделей строения продуктивных и потенциально продуктивных горизонтов, подсчете запасов и оценке ресурсов углеводородного сырья в изучаемой перспективной области.

Литература

1. *Aqrawi A. A. M., Goff J. C., Horbury A. D., Sadooni F. N.* The Petroleum Geology of Iraq. UK: Scientific Press Ltd, 2010. 425 p.
2. *Jassim S. Z., Goff J. C.* Geology of Iraq. Brno: Prague and Moravian Museum, 2006. 344 p.

ИНТРОДУКЦИЯ КАК МЕХАНИЗМ ПОСТУПЛЕНИЯ СТАНОВСКИХ ОФИОЛИТОВ В ЗЕМНУЮ КОРУ ФАДДЕЕВСКОГО БЛОКА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ТАЙМЫРА

Демина Л.И., Захаров В.С., Промыслова М.Ю.

Геологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

lidem06@rambler.ru

Основным механизмом поступления офиолитов в земную кору в настоящее время считается обдукция – надвигание тектонических пластин, сложенных фрагментами океанической коры, на континентальную окраину [7]. При этом образуется один тектонический контакт, метаморфическая подошва и интровертированная зональность в породах автохтона. Существенно реже для понимания геологического положения офиолитов используется интродукция – внедрение океанической коры в континентальную [Мейснер, 1977]. В этом случае имеется два тектонических контакта, а метаморфическим преобразованиям подвергаются как офиолиты, так и вмещающие толщи вблизи обоих контактов. Именно такой механизм мы предполагаем для Становских офиолитов Фаддеевского блока Северо-Восточного Таймыра.

В составе Фаддеевского блока (выступа, террейна) Центрально-Таймырской тектонической зоны Северо-Восточного распространены наиболее сильнодислоцированные и глубокометаморфизованные породы полуострова. Они слагают блок клиновидной формы, ограниченный с юго-востока зоной Пясино-Фаддеевского надвига, являющегося границей Центрально- и Южно-Таймырских тектонических зон. От распространенных на западе и северо-западе, преимущественно, зеленосланцевых метаморфических толщ он также отделен системой разрывных нарушений. Тектоническая природа Фаддеевского блока является предметом дискуссий. Одна часть исследователей относит его к кристаллическому фундаменту Сибирской платформы, существенно переработанному в последующие этапы тектогенеза [6, 8 и др.], другая – аккреционному террейну, образовавшемуся в позднем рифее при столкновении островной дуги и континентальных масс с корой раннепротерозойского возраста и присоединившемуся к краю Сибирского континента в венде [3, 9].

В бассейне р. Становой непосредственно к югу от залива Фаддея выделяются три отличающихся по составу и степени метаморфизма комплекса: Западный, Восточный и Становской [4, 5].

Западный комплекс представлен преимущественно бедными кальцием метаморфитами высокотемпературной ступени амфиболитовой фации: T=615–690ºC; P=6,5–8,6 кбар [2]. Только для этой части района характерны парагенезисы высокотемпературных гранат-кордиеритовой и гранат-биотит-ортоклазовой минеральных фаций. Здесь же очень широко проявлены процессы гранитизации толщ.

Восточный комплекс сложен как бедными, так и богатыми кальцием метаморфитами, составляющими около трети пород. Они отличаются от пород Западного комплекса более низкой степенью метаморфизма: T=580–660ºC; P=5,5–6,8 кбар. Это может

свидетельствовать о том, что в момент метаморфизма толщи западной части Фаддеевского блока располагались на больших глубинах, чем восточной. Подтверждением этому является также и более интенсивная гранитизация пород западной части блока.

Становской комплекс занимает промежуточное положение между Западным и Восточным, от которых отделен разрывами. Весьма разнообразные по составу и степени метаморфизма породы тесно ассоциируются здесь с линзовидными телами серпентинитов, протягивающимися цепочкой в северо-восточном направлении. При ширине Становской зоны около 1–2 км она хорошо прослеживается более чем на 30 км по простиранию. Внутреннее строение зоны весьма сложное. Многочисленными субмеридиональными, субширотными и северо-восточными разрывами породы в ее пределах разбиты на отдельные блоки размером от нескольких метров до первых километров.

Метаморфизм Становского комплекса характеризуется высокими давлениями (до 10 кбар) и относительно низкими температурами. В приконтактовых частях серпетинитовых тел широко развиты тальк–хлоритовые и хлорит-карбонатные метасоматиты, в том числе и хлорит-гроссуляровые, хлорит-гранат-везувиановые родингиты.

Серпентиниты и ассоциирующие с ними амфиболиты (первичные базальты), метадолериты, метагаббро и кварциты (первичные кремнистые породы) В.П. Беловым и Л.И. Деминой [2] были отнесены к фрагментам офиолитовой ассоциации. Впоследствии эта точка зрения получила свое развитие в работах В.В. Беззубцева и др. [1], В.А. Верниковского [3] и других.

Встает вопрос о том, как фрагменты офиолитовой ассоциации могли оказаться внутри метаморфических толщ древней континентальной коры? Наиболее достоверным процессом является их интродукция по контакту двух отличающихся по составу толщ Восточного и Западного комплексов. Морфология серпентинитовых тел, ограниченность разрывными нарушениями, наличие фрагментов вмещающих толщ окружающих метаморфитов внутри Становского комплекса, характер метаморфизма, минеральные парагенезисы вторичных преобразований и др. вполне соответствуют признакам интродукции, приведенным в работе И.Н. Семейкина [10], а не традиционной обдукции офиолитов.

Результаты численного моделирования конвергенции (субдукции – коллизии) позволяют предложить сценарий, объясняющий наличие фрагментов океанической коры в составе континентальной коры формирующегося орогена. На финальных этапах субдукции происходит срыв части океанической коры, которая внедряется в аккреционную призму, и затем входит во фронтальную зону орогена. В ходе продолжающейся конвергенции формируется задуговый бассейн с вновь образованной океанической корой, которая впоследствии при его закрытии внедряется в центральную часть коллизионного орогена.

Детальный анализ химического состава Становских офиолитов указывает на их формирование в надсубдукционной обстановке задугового бассейна, что обосновывает возможность второго сценария.

Литература

1. *Беззубцев В.В., Залялеев Г.Ш., Сакович А.Б. и др.* Геологическая карта Горного Таймыра. М-б 1:500 000: Объясн. зап. Красноярск: ККИ, 1986. 177 с.

2. *Белов В.П., Демина Л.И.* Условия метаморфизма докембрия Восточного Таймыра // Изв.ВУЗов. Геология и разведка. 1980. №9. С. 38–47.
3. *Верниковский В.А.* Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. Новосибирск: СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. 201 с.
4. *Демина Л.И., Промыслова М.Ю.* Метаморфические комплексы Фаддеевского тектонического блока Северо-Восточного Таймыра // Динамическая геология. 2019. №2. С. 4–16.
5. *Демина Л.И., Захаров В.С., Промыслова М.Ю.* Становские офиолиты Фаддеевского блока Северо-Восточного Таймыра: обдукция или интродукция? Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы LII Тектонического совещания. Т. 1 М.: ГЕОС. 2020. С. 205-208.
6. *Качурина Н.В., Макарьев А.А., Макарьева Е.М. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Лист Т - 45-48 (м. Челюскин). СПб: ВСЕГЕИ, 2013. 472 с.
7. *Колман Р.Г.* Офиолиты. М.: Мир, 1979. 262 с.
8. *Кузьмичев А.Б., Данукалова М.К.* Центрально-Таймырский складчатый пояс в докембрии: пассивная окраина Сибирского палеоконтинента в мезопротерозое, активная окраина в неопротерозое // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Мат-лы L Тектон.совещ. М.: ГЕОС, 2018. С. 352–356.
9. *Проскурин.В.Ф., Верниковский В.А., Метелкин Д.В.* Риолит-гранитная ассоциация Центрально-Таймырской зоны: свидетельство аккреционно-коллизионных событий в неопротерозойское время // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. №1. С. 23–40.
10. *Семейкин И.Н.* Структурные позиции офиолитов в земной коре и признаки их поступления // Изв. Сиб. Отд. Секции наук о Земле РАЕН. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. №3. С. 61–69.__

К ПРОБЛЕМЕ СТРАТИФИКАЦИИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ ЖАНУБИЙ АКБУГЕТ-1П (ЮЖНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ, УЗБЕКИСТАН)

Джалилов Г.Г., Шарафутдинова Л.П.

Национальный университет Узбекистана (г. Ташкент)

shleyla1980@gmail.com

Увеличивающиеся потребности народного хозяйства Республики Узбекистан в углеводородном сырье и высокая степень реализации имеющихся ресурсов месторождений, обусловили необходимость ускоренного изучения новых перспективных литолого-стратиграфических комплексов и регионов, считавшихся ранее бесперспективными. К таким относится Центрально-Кызылкумский регион, большая часть которого в нефтегазоносном отношении изучена крайне слабо.

Для наиболее полного изучения палеозойского литолого-стратиграфического комплекса пород, выяснения вещественного состава, стратиграфического расчленения, изучения промысловых параметров пластов-коллекторов, генерационных возможностей, изучения скоростной характеристики разреза, стратификации отражающих границ мезозойских и палеозойских отложений пробурена параметрическая скважина Жанубий Акбугет-1П. Скважина пробурена на выявленной сейсморазведочными работами МОГТ-2D структуре, расположенной в северо-западной части Центрально-Кызылкумского свода, в административном отношении расположенной на территории Учкудукского района Навоийской области.

Скважиной в процессе бурения вскрыт (сверху вниз) следующий стратиграфический разрез: неоген-четвертичные отложения (0–90 м), меловые отложения (90–910 м), палеозойские отложения (910–3000 м в.ч.). Расчленение разреза скважины, в том числе и палеозойского, основано на комплексном подходе к материалам бурения, включавших кривые каротажа, данные литолого-палеонтологических исследований, результаты лабораторных анализов керна и шлама. Проходка с отбором керна в палеозойских отложениях составил 93,0 м, с линейным выносом 46,6 м (50,1%).

Детальное литологическое описание и результаты лабораторных анализов керна показывали, что по вещественному составу и

структурно-текстурным особенностям разрез палеозоя представлены переслаиванием терригенных –темно-серые гидрослюдистые аргиллиты, глинистые алевролиты, алевритистые песчаники и карбонатно-терригенных пород - песчанистые, алевритистые доломиты, песчаные мергеля. При этом угол падения пород варьирует от 26–450 до 900. Для прогнозирования более глубоко залегающих слоёв палеозойского разреза, в скважине произведено ВСП+ПГР, согласно которой вскрываемый ниже разрез до глубины 5000 м представлен однородными плотными породами. Также с целью выяснения продуктивности палеозойских отложений произведено опробование скважины в открытом стволе интервале 1250–3000 м, в результате опробования приток не получен.

Выполненные палеонтологические исследования выявили отсутствие органических остатков, что значительно затруднило установление возраста стратиграфических подразделений биостратиграфическим методом. Это, в свою очередь, определило главенствующую роль в стратификации промыслово-геофизических исследований. При выделении местных стратиграфических подразделений использован метод кажущегося сопротивления, дающий картину общего изменения вещественного состава по разрезу. Установление более дробных подразделений (подсвит, пачек, горизонтов и др.) выполнялось методом кавернометрии и гамма-каротажа, позволяющие расчленять разрез и проводить корреляцию там, где она не всегда возможна другими способами. Широкое применение радиоактивного метода в сочетании со стандартным каротажем в ряде случаев значительно повышает информативность промыслово-геофизических материалов: дает возможность проводить детальное расчленение разрезов с выделением литологических разностей пород, устанавливать четкие реперные горизонты, которые служат основой для достоверных стратиграфических построений.

Стратиграфической основой для выполнения данных работ послужил «Стратиграфический словарь Узбекистана» [1], содержащий описание 1015 местных и региональных стратиграфических подразделений докембрия, палеозоя, мезозоя и кайнозоя, выделенных на территории Узбекистана [1].

Полученные при бурении параметрической скважины Жанубий Акбугет-1П сведения позволили частично получить значения по ряду лито-физических параметров палеозойских образований, ранее неизученной в плане нефтегазоносности закрытой территория Западного Узбекистана. Эти данные могут являться основой при дальнейших изысканиях углеводородов в Центральных Кызылкумах, а также экстраполироваться на южную часть территорий (Джаманкумский и Минбулакский прогибы), с целью интерпретации результатов сейсмо- и электроразведки. Эти материалы являются практически новыми сведениями по ранее неизученной в нефтегазоносном отношении территории.

Благодарим за поддержку в получении фактического материала по скважине Ж.Акбугет-1П генерального директора АО "ИГИРНИГМ" проф. Г.С. Абдуллаева/

Литература

1. *Абдуазимова З.М. и др.* Стратиграфический словарь Узбекистана // - Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. 580 с.

МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ ВЕНДСКОГО ТЕРРИГЕННОГО РЕЗЕРВУАРА ВОСТОЧНО - СИБИРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Егоров И.В.[1], **Долгова Е.И.**[2], **Шарапова Е.С.**[2]

[1]*Геологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова;*

[2]*ООО "РН-Эксплорейшн" г. Москва;*

ilya.egorov96@yandex.ru

Восточно-Сибирское месторождение является одним из крупнейших нефтяных месторождений Лено-Тунгусского нефтегазоносного бассейна. В ходе проведения геологоразведочных работ и дальнейшей эксплуатации, геологическая модель строения месторождения претерпела серьезные изменения. Ключевыми особенностями строения месторождения являются: аномально низкое пластовое давление в залежи вендского песчаного коллектора; высокая минерализация пластовой воды, способствующая кольматации призабойной зоны скважин; катастрофические поглощения при бурении; различное положение флюидальных контактов в соседних частях залежи и др.

Целью данной работы является создание сейсмо-геологической модели строения месторождения для объяснения различного положения флюидальных контактов в разных частях залежи.

На текущий момент на месторождении принята наклонная модель ВНК (водонефтяного контакта). Но подобная модель не согласуется с очень важным фактом – ГНК (газонефтяной контакт) так же имеет разные отметки. В результате анализа скважинных данных было выяснено, что поверхности флюидальных контактов имеют блоковое строение. Так, например, в отстоящих друг от друга на 500 м скважинах отметки ВНК разнятся на несколько метров. Объяснение данного явления различными гидродинамическими причинами [1] не согласуется с фактом различного положения ГНК в пределах газонефтяной части залежи, поэтому ГНК не может выступать репером для увязки на него каротажа и приведения поверхности ВНК к наклонному виду. Минеральный состав песчаников вендского коллектора и его высокие фильтрационно- емкостные свойства не могут выступать обоснованием различных отметок ВНК вследствие капиллярных сил [2] и уж тем более не применимы для ГНК. Значит причина этого явления кроется в строении самого пласта.

В результате интерпретации данных испытаний и каротажа было подтверждено различное положение ВНК и ГНК. Так же были выделены низкопроницаемые пропластки, плохо коррелирующиеся между собой.

В результате седиментационных исследований, основанных на комплексном анализе скважинных данных (керн, ГИС) установлено, что песчаники вендского пласта накапливались в прибрежной зоне с активным действием приливно-отливных процессов и волновой активности. Материал сносился с северо-запада временными потоками и распределялся вдоль побережья. Пласт представляет собой цепочку баровых тел, разделенных приливно-отливными каналами, зачастую заполненными сильно заглинизированными отложениями. В соответствии с современными взглядами секвенс-стратиграфии корреляцию необходимо проводить с точки зрения выделения

хронозначимых границ (трансгрессивных поверхностей). При таком подходе наличие разновозрастных глинистых прослоев становится вполне объяснимо.

При детальном изучении сейсмических данных 3Д были выделены зоны растягивания отрицательной фазы и проявления тюннинг-эффекта в кровле вендского терригенного коллектора. При сопоставлении со скважинными данными было предположено, что данные аномалии могут соответствовать зонам приближения к кровле или выклинивания глинистых прослоев внутри вендского коллектора. В результате комплексирования сейсмических и скважинных данных были закартированы отдельные песчаные тела внутри пласта.

Уверенное картирование глинистых прослоев, которые, предположительно, разделяют песчаные тела между собой, по данным СРР-3Д не представляется возможным по причине слишком малой мощности этих пропластков (3–5м), поэтому границы тел на некоторых участках проведены условно.

Полученная модель объясняет большую часть аномалий в положении флюидальных контактов. Имеющиеся данные по гидродинамическим исследованиям добычного фонда скважин являются неоднозначными и потому не могут быть в полной мере использованны для подтверждения или опровержения модели.

В результате по данным седиментационных исследований основной пласт – это цепочка баровых тел, разделенных глинистыми перемычками. Каждое тело, возможно, является отдельной залежью со своими флюидальными контактами. В скважинах видно спорадическое появление глинистых прослоев, плохо коррелируемых между собой. На сейсмической записи замечены аномалии и по скважинным данным они могут соответствовать зонам приближения глинистых прослоев к кровле пласта или их выклиниванию. С использованием комплексного подхода удалось предложить новую модель и закартировать отдельные песчаные тела.

Для уточнения модели планируется дальнейшая работа с новыми данными по скважинам (каротаж, керн, ГДИ).

Литература

1. *Косачук Г.П., Буракова С.В., Буточкина С.И., Мельникова Е.В., Будревич Н.В.* К вопросу о формировании нефтяных залежей (оторочек) месторождений Непско-Ботубинской антеклизы. Вести газовой науки: Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России до 2030 г. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. № 5 (16). С. 114–123.
2. *Большаков Ю.Я., Тараканова Н.Н.* Переформирование залежей УВ в неотектонический этап на Сибирской платформе //Геология нефти и газа, 1988. №4.

СТРОЕНИЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ДОЛИНЕ ВЕРХНЕГО ДНЕПРА ПО ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИМ И ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫМ ДАННЫМ

Ефремов К.Д., Модин И.Н., Большаков Д.К., Бричева С.С., Панин А.В.

Геологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова

ninsfer93@mail.ru

Комплекс опережающей георадиолокации и электротомографии, дополненный бурением, решил поставленную задачу выяснения особенностей строения долин Днепра. Такая последовательность позволила бурить в наиболее важных с геоморфологической точки зрения местах.

Модифицированная фокусирующая Инверсия данных электротомографии, учитывающая георадиолокационные оси синфазности позволила повысить определенность интерпретации данных обоих методов. При этом устраняются "размытые" значения ryд (x,z) в верхней части геоэлектрического разреза, а георадарные данные получают сведения о сопротивлениях пород верхней части разреза. При этом сохраняется свойственная большая глубина исследования для электротомографии, которая важна для определения мощностей отложений, а высокая разрешающая способность георадиолокации позволяет узнать структуру отложений и тип их залегания, что важно для определения их генезиса.

В изучении долинных комплексов необходимо использовать георадарные антенны различных частот. В данной работе наибольшие глубины были достигнуты с антенной 50 МГц, в то время как разрешающая способность антенны 250 МГц позволила детально рассмотреть внутреннее строение литологических слоев самой верхней части разреза.

Результаты геофизических исследований показали, что существуют различия между литологическим строением трёх участков, при этом участок "Катынка" имеет особенность, роднящую его с участком "Чекулино" – отсутствие фрагмента слоя песков в центре старых палеодолин. Обилие глинистых песков в верхней части профиля "Катынка", обнаруженных электротомографией может указывать на длительное заболачивание древней речной долины. Эти результаты дали важный материал для понимания процесса перестройки долины верхнего Днепра из-за подпруживания поздневалдайским ледниковым покровом.

Авторы выражают признательность коллективу семинара "Современные проблемы геофизики" и лично профессору М.Л. Владову за неоднократные и плодотворные обсуждения методики и результатов данного исследования.

Мы отдельно благодарим студентов геологического и географического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова, Надежду Корнееву и Германа Титова за помощь в проведении полевых георадиолокационных работ и геодезической съёмки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-17-01289.

МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ, КОРРЕКЦИИ И ВЕРИФИКАЦИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ПО ДАННЫМ ДЗЗ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ГЛАВНОГО КАВКАЗСКОГО ХРЕБТА

Зорина В. В.

Географический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова;

victoria.zorina10@gmail.com

Активное использование высокогорных районов Кавказа для рекреации и туризма обуславливает актуальность разработки методик построения высокоточных ЦМР для создания крупномасштабных тематических и общегеографических карт региона. Особое внимание уделяется исходным данным о исследуемой местности, полученным дистанционным способом: с развитием космических технологий, становится возможным в относительно короткий срок получить снимки высокой точности на большие по площади территории. В совокупности с материалами беспилотной съемки и результатами полевых работ космические снимки высокого и сверхвысокого разрешения являются ценным источником информации для крупномасштабного картографирования.

Построение ЦМР. В зависимости от параметров математических моделей и схем размещения точек рассмотрена методика, где за основу принимается построение геометрически упорядоченной модели с применением данных ДЗЗ стереоснимков исследуемой территории. Стереоскопическое изучение рельефа по космоснимкам заключается в построении моделей рельефа по стереопаре с применением фотограмметрической обработки. Таким образом, плановая и высотная точность ЦМР может составлять несколько десятков сантиметров. Сейчас широкое применение получили наклонные сканерные ПЗС-снимки. Простота их использования заключается в автоматическом ориентировании стереопары по RPC коэффициентам полиномам рациональных функций. Модель RPC формирует координаты точки изображения в виде соотношений кубических полиномов в координатах местности. Это значительно облегчает процесс генерации матрицы высот, правильно используя реконструкцию геометрии Земли. В работе использованы стереоскопические панхроматические снимки со спутника солнечно-синхронной оптико-электронной спутниковой системы Pleiades-1B Satellite Sensor (с разрешением 0.5 м) за летний период 2019 года, предоставленные Кафедрой криолитологии и гляциологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Построение ЦМР осуществлялось при помощи специализированного ПО для работы с растрамиE rdas Imagine Toolbox. При обработке происходит радиометрическая и геометрическая коррекция стереопары, автоматическое нахождение элементов ее внутреннего и внешнего ориентирования. Выходным результатом представляется растровое изображение ЦМР, где значение каждого пиксела абсолютная высота местности. На данный момент пространственное разрешение полученной модели порядка 8 метров на пиксел при разрешении снимка в 0,5. Результат объясняется тем, что происходит

аппроксимация значений из-за соотношения кубических сплайнов, рассчитываемых при формировании ячеек с координатами. Однако полученный сглаживающий эффект позволил не проводить дополнительную фильтрацию модели. Поскольку RPC-коэффициентов недостаточно для построения высокоточной модели рельефа, необходимо проведение геодезических работ, поэтому дальнейшие работы будут включать уточнение ЦМР и анализ ее качества на основе полевых данных.

Коррекция ЦМР. При построении модели могут возникнуть артефакты, представленные в виде «дыр» или областей нулевых значений растра, что вынуждает проводить коррекцию ЦМР. При увеличении пространственного разрешения количество пропущенных пикселов увеличивается, что связано с технологией выполнения алгоритма. Необходимо совершение большего количества итераций для большего количества ячеек растра и меньшего радиуса скользящего окна. Поставленная задача решаема с помощью пакета программ GDAL, заполняющего нулевые значения значениями наибольшего соседнего пиксела в пределах указываемого радиуса скользящего окна интерполяции и последующего сглаживания.

Верификация ЦМР. Процесс верификации значений высот построенной ЦМР заключается в сравнении полученной модели с доступной эталонной, допустимо небольшое расхождение в пространственном разрешении. Чтобы придать сравнительному анализу больше математической обоснованности, с помощью растровой алгебры посчитана разница значений высот каждой ячейки имеющихся моделей с определением допустимый порог разницы значений 30 метров в направлении понижения или превышения рельефа. Порог учитывает сложности получения корректной информации о расчлененном рельефе высокогорий и погрешности в значениях абсолютных высот эталонных моделей.

Высокоточные материалы, рассматриваемые в работе, позволяют получить информацию об рельефе и его динамике на локальном уровне, сосредоточить внимание на наиболее опасных областях, поверженным геодинамическим процессам, и получить комплексную оценку опасности объекта исследований в целом. В частности, стоит отметить необходимость создания картографического материала крупного масштаба ввиду туристско-рекреационной привлекательности Центрального Кавказа.

Автор выражает благодарность к.г.н., научному сотруднику Лаборатории аэрокосмических методов исследования П.Г. Михайлюковой, к.г.н., специалисту Кафедры картографии и геоинформатики А.М. Карпачевскому и к.г.н., специалисту Лаборатории автоматизации в картографии А.Л. Энтину за сотрудничество и консультирование в исследовании, к.г.н., доценту Кафедры криолитологии и гляциологии Д.А. Петракову за предоставленные данные.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Зотова П.Г.[1], **Кувинов И.В.**[1], **Большакова М.А.**[1], **Макарова Е.Ю.**[1], **Козлова Е.В.**[2], **Бычков А.Ю.**[1], **Пронина Н.В.**[1]

[1]*Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[2]*Сколковский институт науки и технологий (Сколтех)*

polinalisiano@gmail.com

Моделирование является базовым инструментом при решении основных задач нефтегазовой геологии.

В рамках данного исследования применялось лабораторное моделирование, как эмпирический способ познания процессов генерации углеводородных (УВ) флюидов органическим веществом (ОВ), течения этого процесса, взаимосвязи между составом ОВ и фазовым составом продуктов его деструкции.

Целью работы является изучение в лабораторных условиях и выявление специфических особенностей процесса реализации генерационного потенциала органическим веществом (рассеянным (РОВ) (наряду с которым мы понимаем и умеренно концентрированное ОВ с содержанием Сорг до 25%) и концентрированным (КОВ)) различного генезиса.

В качестве объектов исследования были выбраны породы с ОВ разного типа:

- ✓ континентального – янтарь (Калининградская область, Pg, КОВ), гагат (о. Сахалин, Pg, КОВ), углистый аргиллит (Печорский бассейн, P_1kg, РОВ), уголь (Печорский бассейн, P_1kg, КОВ);
- ✓ аквального – горючий сланец (Печорский бассейн, J_3v, РОВ), карбонатно-кремнистые породы баженовской свиты (Западно-Сибирский бассейн, J_3v, РОВ).

Методика исследования. Первая серия экспериментов по акватермолизу [2] была поставлена для образцов янтаря, гагата, углистого аргиллита и угля в кусочках весом 2 грамма. Порода помещалась в герметично закрывающиеся автоклавы объемом 15 мл в присутствии дистиллированной воды (5 мл) и выдерживалась при постоянной температуре 300°С [1] в течение 6 дней. По истечении времени эксперимента отбиралось сгенерированное нефтеподобное вещество, количество которого оценивалось весовым способом. Кроме того, пиролитически контролировалось изменение водородного индекса породы (до и после эксперимента) для оценки степени преобразованности ОВ. Наибольшие генерационные возможности продемонстрировало незрелое КОВ янтаря, минимальные аргиллит и уголь [2].

Анализ полученных результатов показал возможность модификации и усовершенствования экспериментальных работ.

Основываясь на опыте предыдущих исследований [2, 3], были проведены еще две серии экспериментов (которым и посвящена данная работа).

Для второй серии экспериментов были использованы автоклавы большего объема (120 мл), навеска породы 20 гр., объем дистиллированной воды 60 мл; увеличено время

автоклавирования (до 30 дней), а также увеличена частота и количество промежуточных отборов вещества (породы и сгенерированных флюидов); эксперимент проводился при постоянной температуре (300°С).

Увеличение длительности воздействия не всегда приводит к увеличению количества генерируемой «нефти» (нефтеподобного вещества). Продолжительность генерации зависит от типа исходного вещества. Эксперимент продолжается до невозможности получения генерируемой фазы.

Кроме того, во второй серии экспериментов для пород баженовской свиты сравнивались показатели выхода флюидов при работе с образцом породы в куске и в порошке.

Оказалось, что объёмы генерации при одинаковой длительности гидротермального воздействия зависят от степени раздробленности образца: в порошке в 1.5 раза выше, чем в куске.

В третьей серии экспериментов (с образцами горючего сланца и пород баженовской свиты, в порошке, навеска 20 гр.) были использованы модернизированные автоклавы (появился отвод для флюидов), что позволило отбирать газовую фазу и исключить резкое охлаждение автоклавов перед отбором флюидов (так называемый метод отбора «на горячую»). Изменение условий эксперимента в значительной степени повлияло на суммарный выход генерируемых флюидов (за 9 дней эксперимента: генерация «нефти» из породы при отборе горячим способом оценивается на порядок выше, чем при отборе «холодным» способом – при равном весе образцов и одинаковых условиях эксперимента), что вероятно связано с уменьшением потери жидких УВ при пробоотборе.

Контроль за степенью преобразованности органического вещества осуществлялся при помощи пиролиза Rock-Eval и углепетрографических исследований. Для сгенерированных газа и «нефти» проводилась газовая хроматография.

По результатам проделанной экспериментальной работы была подсчитана возможная удельная генерация УВ флюидов верхнеюрскими породами (горючими сланцами и высокоуглеродистыми отложениями баженовской свиты) на единицу площади. Показано, что термальное воздействие на верхнеюрские породы может позволить извлечь до 3 млн.т/км^2 нефти.

Таким образом, проведенные исследования показали, что моделирование (в нашем случае лабораторное) - важный инструмент при оценке ресурсов УВ, и его применение возможно как для количественного, так и для качественного прогноза нефтегазоносности.

Литература

1. *Гордадзе Г. Н., Гируц М. В., Кошелев В.Н.* Органическая геохимия углеводородов //М.: РГУ нефти и газа имени Губкина. – 2012.
2. *Кувинов И.В., Е.Ю. Макарова, М.А. Большакова, А.Ю. Бычков.* Некоторые особенности генерации УВ при гидропиролизе / // ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2019. Материалы международной молодежной научно-практической конференции. Севастополь, Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова, 03-06.07.2019. — Перо, Москва, 2019.
3. *Санникова И.А.* Геолого-геохимические условия формирования нефтегазоносности доманиковых отложений Тимано-Печорского бассейна: дисс. канд. геол.-мин. наук. МГУ, Москва, 2019 – 181 с.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕСТРУКТИВНЫХ ЗОН СДВИГА И ДАННЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Каримова А.А.

Институт Земной коры СО РАН Иркутск,
Иркутский государственный университет Иркутск

tarasova2712@gmail.com

Разрывные нарушения земной коры на всех этапах развития геологической науки являлись одним из важных объектов исследований.

Разломы представляют собой сложные геологические структуры, проявляющиеся зонами нарушения сплошности земной коры, имеющие большую протяженность и сложное внутреннее строение. Наиболее крупные разломные зоны называют деструктивными зонами литосферы (ДЗЛ) [7].

Так как изучение деформационной динамики деструктивных зон посредством инструментальных наблюдений за конкретными активными разломами затруднительно по многим причинам, то для получения необходимой информации прибегают к использованию математического или аналогового моделирования [1, 2, 6].

Авторами проведена серия экспериментов, с использованием метода физического моделирования, направленная на изучение процесса формирования деструктивной зоны сдвига (ДЗС), в частности на исследование сегментной активизации разломов, и причин такой активизации. Моделирование проведено с соблюдением условий подобия [3, 6] и по стандартной схеме, описанной в [1].

В целом, полученные экспериментальные результаты позволяют заключить, что формирующаяся разломно-блоковая внутренняя структура деструктивных зон сдвига имеет сложную, но закономерную, дискретную деформационную динамику развития. Она реализуется через дифференцированную по типу деформацию блоков, приводящую к избирательной пространственно-временной сегментной активизации межблоковых контактов, представленных ДЗС в виде совокупности систем разноранговых разрывов.

Также было проведено сравнение полученных результатов с известными данными по природным аналогам. Есть несколько примеров, подтверждающих наличие сегментации протяженных разломов в сдвиговой зоне.

Наиболее изученным примером является разлом Сан-Андреас, находящийся на заключительной стадии развития и давно ставший своеобразным эталоном континентальных деструктивных зон сдвига [8]. Общая длина разлома около 1 300 км. На некоторых участках наблюдается ситуация, когда соседние сегменты имеют разную степень активности.

Ещё одним примером сегментации разломов является зоны разломов Марлборо (ЗРМ), в частности участок разлома Хоуп-это система правосторонних разломов длиной 230 км на юго-западном краю зоны разломов Марлборо[9]. ЗРМ состоит из четырех основных сдвиговых разломов (с северо-запада на юго-восток: Вайрау, Оувете, Кларенса и Хоуп) с дополнительными косыми разломами (например, разлом Кекеренгу), имеющими

место на северо-восточном конце. Эти четыре разлома объясняют значительную долю движения на границах плиты в их местонахождении. Разломы обычно имеют более высокие скорости скольжения по мере продвижения на юго-восток по ЗРМ.

Также как пример можно привести зону Северо-Анатолийского разлома, находящуюся в районе Мраморного моря на северо-западе Турции, и разделяющую Евразийскую и Анатолийскую тектонические плиты [5]. Протяженность разлома составляет порядка 800 км. Известно, что Северо-Анатолийский разлом — крупный правосторонний сдвиг, имеет несколько участков, на которых в разные моменты времени происходили сильные сейсмические события, и смещения по которым отличаются друг от друга. С начала плиоцена смещения по нему составили 25–40 км. Используя современные геодезические измерения, наземные и с помощью космической техники, определили скорость смещения северного крыла относительно южного к западу: примерно 24 мм в год [4].

Выявленный в модели разнонаправленный характер смещения на сегментах активных разрывов имеет место на активных сегментах разломов в природе, что фиксируется инструментальными методами.

Исследования выполнены по госзаданию Института земной коры СО РАН в рамках базового бюджетного проекта лаборатории тектонофизики

Литература

1. *Борняков С.А., Семинский К.Ж., Буддо В.Ю., Мирошниченко А.И., Черемных А.В., Черемных А.С., Тарасова А.А.* Основные закономерности разломообразования в литосфере (по результатам физического моделирования) // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5. № 4. С. 823–861.
2. *Быков В.Г.* Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 11. С. 1176-1190.
3. *Гзовский М.В.* Основы тектонофизики. М.: Наука. 1975. – 536 с.
4. *Никонов А.А.* Сейсмическая катастрофа в Турции // Природа. 1999. № 11. С. 3.
5. *Трифонов В.Г. и др.* Неотектоника, современная геодинамика и сейсмическая опасность Сирии // М.: ГЕОС. 2012. 216 с.
6. *Шерман С. И.* Физический эксперимент в тектонике и теория подобия // Геология и геофизика. 1984. № 3. С. 8–18.
7. *Шерман С. И.* Деструктивные зоны литосферы, их напряженное состояние и сейсмичность / Шерман С. И. // Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов: сб. статей. – М., 1996. - С. 157-158.
8. *Koehler R. D., Baldwin J. N., Prentice C. S., Pearce J.* Holocene geologic characterization of the northern San Andreas fault, Gualala, California //U.S. Geological Survey National Earthquake Hazards Reduction Program Award No. FINAL TECHNICAL REPORT. 2005. 21p.
9. *Langridge, R.M.; Campbell, J.; Hill, N.L.; Pere, V.; Pope, J.; Pettinga, J.; Estrada, B.; Berryman, K.R.* Paleoseismology and slip rate of the Conway Segment of the Hope Fault at Greenburn Stream, South Island, New Zealand. Annals of Geophysics, 2003. V. 46(5). P. 1119-1139.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРНОГО КРЫМА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЕ СКЛОНЫ КРЫМСКИХ ГОР)

Каюкова Е.П.[1], **Филимонова Е.А.**[2]

[1]*Санкт-Петербургский государственный университет*
[2]*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

epkayu@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены геологическое строение и гидрогеологические условия долины р.Бодрак, проанализирована связь макрокомпонентов и минерализации подземных вод. На основе статистического анализа данных выделены три гидрохимические генерации подземных вод и выявлены их геохимические особенности, получена естественная ассоциация химических элементов в водах четвертичного водоносного горизонта. Проведена количественная оценка интенсивности водной миграции химических элементов с помощью коэффициента водной миграции. Охарактеризован химический состав подземных вод долины р.Бодрак для хозяйственно-питьевого использования.

Исследование химического состава водных ресурсов Горного Крыма актуальная задача в научно-практическом отношении. Изучаемая территория расположена в восточной части Бахчисарайского района в пределах Качинского антиклинория Горного Крыма. Основной водной артерией является р.Бодрак, правый приток р. Альма. В геологическом отношении район сложен флишевыми отложениями T_3–J_1, тектонически преобразованными терригенными отложениями (T_3–J_1es), вулканогенно-осадочными породами (J_2b) и карбонатными и терригенными породами мел-палеогенового возраста. Гидрогеологическая стратификация исследуемого района представлена следующими водоносными и водоупорными подразделениями:

Четвертичный водоносный горизонт;
Среднеэоценовый водоносный горизонт;
Верхнепалеоценово-нижнеэоценовый водоупорный горизонт;
Датско-инкерманский водоносный комплекс;
Верхнесантонско-верхнемаастрихтский преимущественный водоупор;
Верхнетуронско-коньякский водоносный горизонт;
Нижнесеноманско-нижнетуронский водоупорный горизонт;
Верхнеальбско-нижнесеноманский водоносный горизонт;
Верхнеальбский водоупорный горизонт;
Верхнебаремско-аптский водоупорный горизонт;
Валанжин-нижнебарремский водоносный горизонт;
Водоносная зона вулканогенно-осадочной толщи;
Байосский региональный водоупорный горизонт;
Верхнетриасово-нижнеюрский региональный водоупорный горизонт.

Грунтовые воды бассейна р. Бодрак зоны активного водообмена пресные, гидрокарбонатно-кальциевые. В катионном составе подземных вод, приуроченных к породам интенсивных тектонических преобразований (T_3–J_1es), на первое место выходит ион Mg^{2+}. В притоках подземных вод из области относительно замедленного водообмена преобладают ионы Na^+ и Cl^- [1].

Статистический анализ химического состава подземных вод области активного водообмена в бассейне р. Бодрак позволил установить связь между соотношением макрокомпонентов и минерализации в подземных водах бассейна р. Бодрак и выделить три гидрохимические генерации:

1) при минерализации ≤ 1 г/л формируется следующие последовательности HCO_3^->SO_4^{2-}>Cl^- и Ca^{2+}>Mg^{2+}>Na^+>K^+ в ионном составе;

2) при минерализации ≤ 1,7 г/л преобладает HCO_3^- в анионном составе, а катионы представлены смешанным составом;

3) при минерализации > 1,7 г/л на первое место выходят Cl^- и Na^+ и наблюдается Cl >HCO_3^->SO_4^{2--} и Na^+ >Mg^{2+}> Ca^{2+} >K^+ последовательности.

Для выявления природных и техногенных геохимических аномалий рассчитаны коэффициенты концентрации химических элементов в подземных водах.

$K_c = C_i/C_ф$,

где C_i– средняя концентрация i-го химического элемента в данной выборке, $C_ф$ – фоновое содержание этого элемента.

В качестве фонового содержания использованы средние концентрации химических элементов в водах зоны гипергенеза, полученные С.Л. Шварцевым на основе обработки более 1000 анализов подземных вод [2]. Геохимическая особенность подземных вод бассейна р. Бодрак – повышенная концентрация ряда микрокомпонентов (Ba, B, Ag, Sr, Sn) относительно их среднего содержания в подземных водах зоны гипергенеза. Естественная ассоциация химических элементов подземных вод бассейна р.Бодрак следующая: Ba (2,0-58,2) – B (1,1-10,3) – Ag (3,2-8,6) – Sr (1,6-8,4) – Sn (3,4-4,9) [1]. Особый вклад элементов в ряды естественных геохимических ассоциаций микрокомпонентов подземных вод имеют флишевые отложения (Mn–Se), тектонически преобразованные породы (Li–Rb), вулканогенно-осадочная толща (V). Также на основании значений индекса концентрации получена техногенная ассоциация Zn – Cu – Pb – Ni – Fe.

В работе проанализирована интенсивность водной миграции химических элементов в подземных и речных водах р. Бодрак, получена изменчивость коэффициента водной миграции по течению реки. Коэффициенты водной миграции позволяют охарактеризовать миграцию отдельных химических и оценить степень подвижности элементов: чем выше значение коэффициента водной миграции, тем сильнее химический элемент способен выщелачиваться из вмещающих отложений [3]. Все основные ионы подземных вод бассейна р. Бодрак обладают высокой интенсивностью водной миграции. Наиболее сильные мигранты – N, Se, B (Кх>10), к сильным мигрантам также относятся Sr, Sb, (Кх>1). Анализ данных позволяет сделать вывод, что Ba, B, Sr, Ag, Se и As во всех выделенных подразделениях подземных вод бассейна р. Бодрак характеризуются большей

интенсивностью водной миграции по сравнению со средними значениями этих элементов в водах зоны гипергенеза [2].

Литература

1. *Каюкова Е. П., Барабошкина Т. А., Филимонова Е. А.* Гидрогеохимические особенности подземных вод бассейна реки Бодрак (Качинское поднятие Горного Крыма) // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2020. № 4. С. 55–63.
2. *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М, 1998. 288 с.
3. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высш. Школа, 1989. 528 с.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮРСКО-МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Клековкина А.О., Новиков Е.В., Большакова М.А., Мордасова А.В., Бабина Е.О., Гилаев Р.М., Шелков Е.С.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

alexandra.klekovkina@yandex.ru

Данный регион начали исследовать ещё в 30-ые годы, однако степень изученности здесь значительно ниже, чем в центральных частях Западной Сибири. Развитие Северного морского пути и истощение ресурсов в более южных областях привело к возобновлению поисково-разведочных работ на данной территории.

Целью работы является определение условий формирования нефтегазоносности северо-востока Западной Сибири. Задачами: сбор и обобщение информации о нефтегазоматеринских толщах (НГМТ) региона; изучение состава нефтей из коллекции кафедры Геологии и геохимии горючих ископаемых Геологического факультета МГУ; сопоставление характеристик органического вещества (ОВ) юрских НГМТ с характеристиками юрских и меловых нефтей; оценка содержания Сорг по каротажным кривым; выделение прослоев с повышенным содержанием Сорг.

В ходе работы были исследованы 20 образцов нефтей юрского и мелового возраста Ванкорского, Восточно-Лодочного, Дерябинского, Солёнинского и Средне-Яровского месторождений; проинтерпретировано 12 каротажных кривых и собраны литературные данные по пиролизу (232 образца) юрских НГМТ.

Комплекс геохимических исследований нефтей включал в себя газовую хроматографию средней части, анализ изотопного состава углерода и ХМС. Каротажные кривые были привязаны в ПО Petrel. На основе метода Пасси и уранового метода в Petrel

рассчитано содержание Сорг в юрско-меловых толщах.

В процессе изучения состава нефтей региона были получены следующие результаты:

1. В распределении н-алканов юрских образцов наблюдается повышенное содержание высокомолекулярных углеводородов, что характерно для исходного континентального ОВ. Для нефтей меловых возраста характерно преобладание более

низкомолекулярных соединений (морское исходное ОВ).

2. Отношение Pr/Ph в юрских и меловых нефтях различно. Для юрских нефтей Pr/Ph>3 (относительно окислительные обстановки на стадии раннего диагенеза исходного ОВ), для меловых нефтей отношение Pr/Ph в среднем составляет 1,8 (слабо восстановительные обстановки).

3. Согласно диаграмме Кеннона-Кассоу, исходное ОВ юрских нефтей имеет более высокую степень зрелости и более континентальный состав в сравнении с исходным ОВ меловых нефтей.

4. В меловых нефтях Средне-Яровского и Дерябинского месторождений в равных количествах содержатся стераны С27 и С29 (привнос высшей растительности в состав исходного ОВ). Для проб нефтей из резервуаров мелового возраста Ванкорского и

Восточно-Лодочного месторождений характерно преобладание стеранов С27 (морское исходное ОВ).

5. Согласно изотопному составу углерода, источником юрских нефтей является преимущественно континентальное ОВ. Исходное ОВ меловых нефтей Ванкорского и Восточно-Лодочного месторождений имеет преимущественно морской генезис, в то время как ОВ меловых нефтей Средне- Яровского и Дерябинского месторождений имеет скорее смешанный состав.

В результате обобщения литературных данных о юрских НГМТ, были получены следующие выводы:

1. Для нижне-среднеюрских толщ региона характерно преобладание средне- и высокомолекулярных н-алканов (континентальное ОВ). Содержание Сорг в среднем составляет 1-1,5%. Значение HI для большей части образцов <150 мг УВ/г Сорг.

2. Среди верхнеюрских НГМТ выделяют сиговскую, гольчихинскую и яновстанскую свиты. Последние две характеризующиеся высокими материнскими показателями. В верхней части гольчихинской свиты и нижней части яновстанской свиты выделяют обогащенные морским ОВ прослои, в которых содержание Сорг превосходит 2%. ОВ гольчихинской свиты характеризуется значениями HI до 300 мг УВ / г Сорг и более легким изотопным составом углерода в сравнении с ОВ нижне-среднеюрских НГМТ [3]. Для ОВ яновстанской свиты HI достигает 400-500 мг УВ / г Сорг. На большей части исследуемой территории гольчихинская свита расположена в зоне нефтяного окна. ОВ яновстанской свиты в восточных частях региона незрелое, а в более западных частях находится в зоне нефтяного окна.

В ходе интерпретации данных геофизических исследований скважин при помощи метода Пасси [4] были выделены прослои с повышенными значениями органического углерода. Наибольшие мощности высокоуглеродистых пропластков наблюдаются в отложениях позднеюрского возраста. В восточной части Гыданского полуострова, при движении с севера на юг (в пределах зоны распространения гольчихинской свиты) – эффективные мощности изменяются незначительно при больших разницах содержания ОВ (скв. Дерябинская-9 – около 33 м при Сорг=7%, скв. Носковская Южная-318 – 20 м при Сорг=1%, скв. Аномальная-51 – 26 м при Сорг=1.5-4%). Более высокие значения эффективных толщин отмечаются в южной части исследуемого региона – в зоне распространения яновстанской свиты (скв. Туколандо-Вадинская-318 – более 250 м при Сорг=1.2-6% и Хальмерпаютинская-2099 – более 55 м при Сорг=3%). Важно заметить, что из-за невысокого количества данных пиролиза в скважинах, а также недостатка каротажной информации, к цифрам углеродистых мощностей стоит относится весьма критично. Также можно отметить, что общая мощность отложений яновстановской свиты в некоторых скважинах выше (скв. Горчинская-1, Туколандо-Вадинская-320, Хальмерпаютинская-2099), и мощность высокоуглеродистых прослоев там также выше (>50 – 100 метров).

Таким образом, исследования показали, что юрские и меловые нефти, вероятно, имеют разный генезис. ОВ, послужившее источником юрских нефтей, накапливалось в предположительно прибрежно-континентальных условиях. Для исходного ОВ данных нефтей наблюдается значительный вклад высшей растительности, что характерно для нижне-среднеюрских НГМТ. ОВ – источник меловых нефтей, накапливалось в мелководно-морских обстановках. НГМТ для них, вероятно, служат преимущественно верхнеюрские

толщи. При этом, отдельные прослои яновстанской свиты характеризуется более высокими материнскими свойствами, чем аналогичные прослои гольчихинской свиты. По-видимому, с этим связано наличие нефтяных залежей в зоне распространения яновстанской свиты. Однако и яновстанская, и гольчихинская свиты имеют мощности до нескольких сотен метров из-за близости источников сноса в позднеюрское время, вследствие чего среднее содержание Сорг довольно низкое. Высокоуглеродистые пропластки, вероятно, оказываются «захороненными» в мощных толщах глинистых отложений и не могут отдавать значительные количества УВ даже в случае их генерации. И, несмотря на морской тип ОВ верхнеюрских толщ и относительно хорошие материнские качества, с этим, возможно связано отсутствие здесь значительного числа крупных месторождений.

Авторы благодарят сотрудников кафедры Геологии и геохимии нефти и газа Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова за предоставленные материалы и возможность проведения геохимических исследований нефти региона.

Литература

1. *Афанасенков А.П., Жеглова Т.П., Петров А.Л.* Углеводороды-биомаркеры и изотопный состав углерода битумоидов и нефтей мезозойских отложений западной части Енисей-Хатангской нефтегазоносной области // Георесурсы, 2019. Т.21. №1. С.47-63.
2. *Гилаев Р.М.* Условия формирования и перспективы нефтегазоносности отложений титон-берриасского возраста северо-восточной части Западной Сибири, диссертация. Москва, 2019. -151с.
3. *Родченко А.П.* Органическая геохимия, нефтегазогенерационный потенциал верхней юры северо-востока Западно-Сибирского осадочного бассейна, диссертация. Новосибирск, 2018. -284с.
4. *Q. R. Passey, S. Creaney and others.* A Practical Model for organic richness from porosity and resistivity logs, December 1990, 19 p.

РИФЕЙ-ВЕНДСКИЕ НЕФТЕМАТЕРИНСКИЕ ТОЛЩИ БАШКИРСКОЙ ЧАСТИ КАМСКО-БЕЛЬСКОГО АВЛАКОГЕНА ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Кожанов Д.Д.[1], Большакова М.А.[1] Хопта И.С.[2]

[1] – Геологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова;
[2] – ПГНИУ, АО "КамНИИКИГС";

dimitriykozz@gmail.com

Вопрос комплексного изучения нефтематеринских толщ (НМТ) нефтегазоносных бассейнов является одним из важнейших в познании процессов образования углеводородов (УВ), при этом лито-геохимические характеристики этих геологических тел играют главенствующую роль в определении их нефте-газогенерационных свойств. Качество НМТ определяет нефтегазоносный потенциал всего нефтегазоносного бассейна (НГБ).

В данной работе будут рассмотрены ключевые характеристики древних нефтематринских толщ рифей−вендского нефтегазоносного комплекса (НГК) Башкирской части Камско-Бельского авлакогена Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна (ВУ НГБ). С этим НГК связаны перспективы обнаружения скоплений УВ на глубинах ниже освоенных. Актуальность данного исследования продиктована значительной выработанностью запасов углеводородного сырья в этом регионе, а также необходимостью их восполнения.

Бассейн расположен в пределах восточной окраины Восточно-Европейской платформы с эпикарельским кристаллическим фундаментом. В тектоническом отношении отложения рифейского возраста приурочены к грабенообразным прогибам раннерифейского заложения (Камско-Бельский авлакоген) [10], в пределах которого прослеживаются две обособленные впадины: северная – Камская (Осинская) и южная – Бельская, разделенные Пермско-Башкирским инверсионным блоком [13]. Бельская впадина, расположенная в пределах платформенного Башкортостана, представляет собой моноклиналь, плавно погружающуюся с северо-запада на юго-восток, которая на востоке не имеет ограничения выступами фундамента, а погружается под складчатый Урал. Вендские отложения имеют площадное распространение.

Стратиграфически рифейские отложения, слагающие авлакогеновый комплекс ВУ НГБ, представлены тремя сериями: кырпинской (Rf_1), серафимовской (Rf_2) и абдулинской (Rf_3); тогда как базальная часть плитного комплекса осадочного чехла ВУ НГБ представлена лишь верхневендскими отложениями(V_2) [9].

Так, для толщ рифейской части рифей-вендского комплекса платформенного Башкортостана нефте-газоматеринские свойства доказаны для пород арланской подсвиты калтасинской свиты нижнего рифея (Rf_1kl_2), представленных почти исключительно карбонатными породами (известняками и доломитами), содержащими прослои и пачки терригенных отложений в верхней части разреза. Также нефтематеринскими породами могут служить и подчиненные прослои глинистых карбонатов и аргиллитов саузовской (Rf_1kl_1) и ашитской (Rf_1kl_3) подсвит [1]. Данная особенность обусловлена накоплением этих

толщ в относительно-глубоководных осевых частях Камско-Бельского авлакогена. Данные толщи характеризуются значительными мощностями (до 1700 м [5]) и рассеянным состоянием органического вещества в породах. Содержание органического углерода в породе варьируется от 0,1 до 2%, среднее по толще 0,8% [8]. Помимо этого, стоит отметить, что битуминозные доломиты калтасинского возраста были вскрыты скважинами Арланская 3, Саузбашевская 2, слабые нефтегазопроявления зафиксированы в калтасинских отложениях скважины Орьебашская 82 [6]. Кроме того, рифейские отложения восточной части Восточно-Европейской платформы характеризуются высокой катагенетической зрелостью (МК4−МК5) [2], что соответствует главной зоне газообразования с превалирующей долей генерации газоконденсатов. Так, например, в отложениях среднего рифея были отмечены повышенные газопоказания по ГИС и разгазирование глинистого раствора, зафиксированные при бурении скважин Игровская 20, Кабаковская 52, Серафимовская 65 [3]. Согласно ретроспективным данным и палеогеографической обстановке в раннем рифее тип исходного органического вещества определяется как сапропелевый (II) [11], исходное значение водородного индекса (HI) до 325 мгУВ/гСорг [4].

Наибольшая концентрация нефте- и газопроявлений в рифейских отложениях приурочена к северным и северо-западным бортам Камско-Бельского авлакогена и Орьебаш-Татышлинско-Чернушинской приподнятой зоне фундамента (Пермско-Башкирский инверсионный блок) [2]. В восточных и юго-восточных частях авлакогена нефтегазоносность несколько меньше, что связано с большой глубиной регионального погружения осадочного чехла (до 15 км). По характеру распределения отмечается тенденция уменьшения количества нефтепроявлений и увеличения газопроявлений с севера и северо-запада на юг и юго-восток Камско-Бельского авлакогена. Основные нефтепроявления приурочены к калтасинской свите нижнерифейских и тукаевской свите среднерифейских отложений. Основные газопроявления сосредоточены в леонидовской свите в верхнерифейских отложениях в Бельской впадине.

В сравнении с нижнерифейскими отложениями породы верхневендского подкомплекса имеют меньшую мощность (до 250 м) и преимущественно площадное распространение. В стратиграфическом отношении нефтематеринские прослои представлены аргиллитовыми отложениями кыквинской, верещагинской, вильвенской и краснокамской свит верхнего венда, образование которых происходило в относительно глубоководных условиях молодого морского бассейна, а также в предгорных прогибах Урало-Тиманского горноскладчатого сооружения [7]. Содержание органического углерода в породе варьируется от 0,39 до 1,5% (на градации МК4) [4], исходный Сорг вероятно достигал 2% [12]. Тип органического вещества − сапропелевый (II), исходный водородный индекс – до 350 мгУВ/гСорг [12]. Помимо прочего, в формировании нефтегазоносности верхнефендских отложений участвовали также и НМТ Rf возраста.

Таким образом, отложения рифей−вендского нефтегазоносного комплекса характеризуются нефтематеринскими свойствами достаточными для генерации жидких и газообразных углеводородов. Однако нельзя не принять во внимание их значительную катагенетическую зрелость, обусловленную положением толщ в погруженных осевых и приосевых частях Камско-Бельского авлакогена. Тем не менее, аналитические характеристики указанных НМТ позволяют говорить о значительном остаточном

генерационном потенциале этих отложений, а также о его роли в формировании нефтегазоносности вышележащих PR_2-PZ_2 толщ.

Литература

1. *Станекзай Н.М.* Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности вендских отложений платформенного Башкортостана: автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.12 / Станекзай Набижан Мухаммаджан; [Место защиты: Науч.-произв. фирма «Геофизика»]. Уфа, 2009. 25 с.
2. *Хопта И.С.* Закономерности строения рифейских отложений северной части Камско-Бельского авлакогена // Новые направления работ на нефть и газ, инновационные технологии разработки их месторождений, перспективы добычи нетрадиционного углеводородного сырья. – 2019. – С. 166−168.
3. *Сергеев В.Н., Сергеева Н.Д., Сперлинг Э.А., Шарма Мукунд, Воробьева Н.Г.* Микробиота калтасинской свиты нижнего рифея Волго-Уральской области в свете новой концепции оксигенизации протерозойского океана // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана: сб. науч. ст. Уфа: РИО ИГ УФИЦ РАН, 2018. С. 147−156.
4. *Пактовский Ю.Г.* Стадийность геологического развития территории Южного Притиманья в позднем протерозое //Вестник Пермского Университета. Геология, 2019. №2 (18). С. 108−124.
5. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). –Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.
6. *Пучков В.Н., Козлов В.И.* Особенности тектоники Волго-Уральской нефтегазоносной области // Георесурсы, 2005. №1(16). С. 24−27.
7. *Проворов В.М., Соснин Н.Е., Медведева Н.В.* Отчет о тематических работах по объекту «Зонально-региональные площадные сейсмические и гравиметрические съемки на Бедряжской площади (Калтасинский авлакоген) с целью обнаружения и локализации нефтеперспективных объектов в рифей-вендском комплексе для лицензирования. – Пермь, КамНИИКИГС, 2006. 245 с.
8. *Башкова С.Е., Карасева Т.В., Гиниятова Л.Ф.* О перспективах нефтегазоносности отложений ниже освоенных промышленностью глубин в Волго-Уральской НГП // Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ: сб. науч. ст. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. С. 6−15.
9. *Белоконь Т.В., Горбачев В.И., Балашова М.М.* Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы. Пермь: ИПК «Звезда», 2001.
10. *Алиев М.М., Морозов С.Г., Постникова И.Е. и др.* Геология и нефтегазоносность рифейских и вендских отложений Волго-Уральской провинции / [; [Отв. ред. чл.-кор. АН СССР М. Ф. Мирчинк] ; Ин-т геологии и разраб. Горючих ископаемых. Москва: Недра, 1977. 157 с.
11. *Карасева Т.В.* Разработать комплекс критериев количественной оценки прогнозных ресурсов и осуществить прогноз нефтегазоносности рифей−вендского комплекса европейской части России. Отчет по государственному контракту № АТ-03-28/829. – Ярославль, Недра, 2006. 821 с.
12. *Маслов А.В.* Литогеохимия терригенных пород верхнего докембрия Волго-Уральской области. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. 248 с.
13. *Морозов С.Г., Андреев Ю.В., Кабиров В.З.* Новые данные по геологии и нефтегазоносности рифейско-вендских отложений Башкирии. Глубинные исследования докембрия востока Русской платформы. Казань, 1980. С. 156−168.

ВЛИЯНИЕ ВЛАГИ НА РАЗВИТИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Корвякова Н. П.[1], **Соболь О. В.**[2]

[1]*Институт физики горных процессов Донецк ДНР;*

[2]*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры Макеевка ДНР;*

barabaxa08@mail.ru

Исследования динамики изменения физических и механических свойств горных пород можно разделить на три основных направления:

- изучение изменений механических свойств, вызванных интенсивностью изменения напряженного состояния, формами и видами влаги в породах, поровым давлением. Это направление можно рассматривать как исследование изменения механических свойств пород при техногенном воздействии при разработке месторождений, постройке крупных инженерно-технических сооружений;

- изучение процессов изменения физических свойств (пористости, сжимаемости, проницаемости), вызванных перечисленными факторами при постоянной скорости деформирования. Современная геодинамическая активность массива пород контролируется зонами тектонических нарушений, имеющих повышенную трещиноватость. Деформационные процессы в них имеют параметрическую природу. В связи с этим возникает необходимость выявления физических закономерностей формирования этих процессов;

- изучение процессов изменения механических свойств, вызванных интенсивностью изменения напряженного состояния, процессами сорбции и десорбции метана, формами и видами влаги в породах, поровым давлением [1].

Анализ различных источников свидетельствует, что классические и целый ряд экспериментально-аналитических теорий напряженно-деформационного состояния не позволяют однозначно трактовать механизм и кинетику деформирования породных слоев, а также степень повреждаемости горных пород различных литологий, осложненных длительным увлажнением их структуры. Несогласованность результатов теоретических и экспериментальных исследований затрудняет их использование для прогноза неоднородной деформации земной поверхности, несмотря на то, что кинетика этих изменений носит квазистатический характер. В то же время наиболее опасным фактором, требующим однозначного прогноза, является динамическая составляющая горного давления, вызванного накоплением упругой энергии в слоях песчаников с различным цементом и провоцирующая хрупкое разрушение их по типу эффекта П.А. Ребиндера. Это обусловлено мгновенным уменьшением эффективной поверхностной энергии твердого тела при контакте с жидкими флюидами, вызывающими высокоскоростное продвижение трещин.

Приведенные исследования, а также результаты многочисленных опытов [2–3], показали, что для правильного понимания механизма адсорбционного влияния среды следует рассматривать две стадии процесса разрушения. Первая стадия – постепенное зарождение и развитие «равновесных» микротрещин, обусловленных дефектами структуры

и неоднородностями деформации на основе локальной концентрации деформаций, напряженного состояния и снижения поверхностной энергии при действии среды.

Вторая стадия – относительно быстрый рост трещин. Рост трещин на первой стадии, контролируемый протеканием пластических деформаций и, следовательно, действием сдвиговых напряжений σсд, может быть приближенно описан соотношением

lтр = k * (σсд2 * L2/E * α эф),

где: lтр – максимальная длина трещины в данных условиях;

L – параметр структуры, в пределах которого идет формирование дислокационных микронеоднородностей (размер зерна);

k – безразмерный коэффициент, характеризующий ту долю упругой энергии, накапливаемой в области формирующейся неоднородности, которая при развитии трещины реализуется как работа образования новой поверхности;

E – модуль упругости;

αэф — эффективная поверхностная энергия, включающая работу пластической деформации.

Из приведенного уравнения также следует, что снижение поверхностной энергии при воздействии среды приведет к прорастанию трещины в существующих условиях напряжения. При этом трещина будет расти, пока не установится новое равновесное состояние, соответствующее новой величине эффективной поверхностной энергии.

Наступление второй стадии – собственно, разрушения может быть описано по схеме Гриффитса, как превращение трещины длиной lтр в неравновесное состояние, когда растягивающее напряжение σ достигает критического значения σ ~ (αэф * E /lтр)05. Это означает, что снижение поверхностной энергии αэф благодаря смачиванию поверхностно-активной средой внутренней поверхности пор и стенок зародышевой трещины повлечет к уменьшению напряжения разрушения σ, приводящего к лавинному развитию имеющегося дефекта – узкой зародышевой трещины размером lтр.

Анализируя предыдущее высказывание попадание воды в мощные слои песчаника или прочного известняка, могут провоцировать скоростное развитие трещин (разрушение) и вызывать колебания земной поверхности с примерной амплитудой до 3 баллов по шкале Рихтера.

Литература

1. Влияние среды на механизм поведения части массива [Текст]: научное издание / Г. Я. Воронков // Горн. инф.-анал. бюл. - 2013. - N 5. - С. 150-155
2. *Ребиндер П.А., Щукин Е.Д.* Поверхностные явления в твердых телах в процессе их деформации и разрушения // Успехи физических наук. М.,1972. Т. 108, вып.1, С. 3–41.
3. *А.Т.Карманский, М.Д.Ильинов, И.Н.Гизатулина* «Лабораторные исследования фильтрационно-емкостных параметров углей с учетом фазово-физического и напряженно-деформированного состояния», Записки Горного института. Т.205, 2013, с. 108-113.
4. *В.Н. Одинцев, В.В. Гурьянов* «Влияние поровой воды на процесс трещинообразования в газонасыщенных угольных пластах», Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2004, с. 101–103.

МОРФОСТРУКТУРЫ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Косевич Н.И., Кирянина А.В., Лубнина Н.В.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

nkosevich@gmail.com

Юго-Западный Крым представляет огромный интерес в научном сообществе, что связано с его геологическим и тектоническим строением. История развития рельефа данного региона до сих пор остаются дискуссионными. В настоящее время развитие геоинформационных технологий позволяет проводить морфометрический и структурно-геоморфологический анализ рельефа на новом уровне. Анализ рельефа любой территории является неотъемлемой частью при решении определенных геоэкологических задач, а также при инженерно-геологических исследованиях [1]. Большинство новейших тектонических движений носят унаследованный характер, т.е. положительные структуры в современном рельефе связаны с тектоническими поднятиями, а отрицательные с опусканиями, то есть движения земной коры имеют отражение в современном рельефе и характере речной сети. При проведении морфометрического анализа рельеф раскладывается на уровни, которые связаны с разными этапами развития региона. Выявленные структуры можно разделять по времени образования, можно получить количественные оценки амплитуд вертикальных движений и объемов эрозии [2].

Целью настоящего исследования является выявление структур и областей, а также изучение эволюции новейших вертикальных тектонических движений на основе структурно-морфометрического анализа рельефа Гераклейского полуострова. Морфоструктурный анализ проводился на основе цифровой модели рельефа ALOS World 3D с горизонтальным разрешением около 30 м и точностью по высоте около 5 м [4].

На основании имеющихся исходных данных построены карты морфометрических показателей рельефа Гераклейского полуострова: гипсометрические уровни, угол наклона поверхности, глубина и густота расчленения рельефа и т.п. Полученные в ходе анализа всех этих карт морфометрические характеристики легли в основу создания карты морфометрических комплексов региона исследования. Совокупный комплексный пространственно-тематический анализ полученных данных с данными по геологии и тектонике данного региона, позволил выявить крупные областей:

1. Западная область включает в себя прибрежные равнины Западного берега Крыма и северо-западную оконечность Гераклейского полуострова, а также зону Николаевского поднятия. В переделах данной области отмечаются участки с рельефом, мелко и очень мелко расчлененным по вертикали, со слабым и умеренным расчленением по горизонтали и полого-покатыми склонами делювиального и массового смещения материала;

2. Центральная область включает в себя участи низменных возвышенностей, рельеф которых средне расчленён по вертикали, умеренно и средне расчленен по горизонтали и полого-покатыми склонами делювиального и массового смещения материала;

3. Юго-восточная область включает в себя участки локальных поднятий и понижений, в строении которых преобладает средне- и глубокорасчлененные по вертикали, средне- и сильнорасчлененные по горизонтали со склонами среднекрутыми, крутыми и

очень крутыми с равным соотношением выветривания и денудации, а также блокового смещения материала.

Для территории Гераклейского полуострова благодаря автоматизированным расчетам построен набор карт базисных поверхностей и разностных поверхностей для водотоков семи выделенных порядков. Методика построения в нашем исследовании опирается на метод, который был предложен в начале Р. Хортоном, а затем уточнен В.П. Философовым [3].

На карте базисной поверхности 7-го порядка наблюдается единое изометричное поднятие в юго-восточной части, где в настоящее время начинаются отроги гряд Горного Крыма. На следующем этапе наблюдается формирование двух поднятий в юго-западной и в северо-восточной частях региона исследования. Первое изометричное, выражено не так сильно, как субмеридиональное северо-восточное. Форму поднятия нарушает чётко выделяющееся понижение в рельефе, где в наши дни располагается долина реки Черная. На карте базисной поверхности 5 порядка отмечается увеличение количества локальных поднятий. Происходит развитие юго-западного поднятия в северо-восточном направлении, а также рост структур на юго-востоке. Чётко прослеживается граница между западными и восточными структурами, что говорит об обособленности Гераклейского полуострова на данном этапе развития. Постепенно рисунок рельефа начинает напоминать современный. Территория Гераклейского полуострова на последующих этапах развития продолжает воздыматься; между западными и восточными поднятиями появляется связывающая их положительная структура, чётко прослеживаются формирование долин современного положения речной сети, а положение некоторых локальных структур поднятий совпадает с современными положительными структурами.

На территорию Гераклейского полуострова было построено целое семейство карт разностей между базисными поверхностями: 3 и 4, 3 и 5, 3 и 6, 3 и 7, 4 и 5, 4 и 6, 4 и 7, 5 и 6, 5 и 7, 6 и 7-го порядков. Последовательный анализ построенных карт показал, что разности между базисными поверхностями высоких порядков отражают интенсивность тектонических движений региональных площадных структур, а низких порядков – локальных. В среднем результирующее смещение по вертикали (как положительные, так и отрицательные) в пределах Гераклейского полуострова варьировало в пределах 20–50 м.

В пределах региона исследования выделено 3 крупных области, которые хорошо коррелируются с основными тектоническими и геологическими структурами Юго-Западного Крыма. По серии карт частично восстановлена и описана история формирования структур за новейшее время. Развитие тектонических поднятий региона исследования на ранних этапах шло наиболее интенсивно, чем на более поздних этапах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-45-920073 р_а).

Литература

1. *Глейзер И.В., Копанева И.М., Рублева Е.А.* Некоторые аспекты использования ГИС-технологий при морфометрическом анализе рельефа // Вестник Удмуртского университета, 2006. № 11. С. 143–146.
2. *Нугманов И.И., Нугманова Е.В., Чернова И.Ю.* Основы морфометрического метода поиска неотектонических структур: Учебно-методическое пособие. Казань: Казанский ун-т, 2016. 53 с.
3. *Философов В. П.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1975. – 232 с.
4. ALOS Global Digital Surface Model

НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОИСКУ И ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ ГЛУБОКИХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В КРЫМУ В СВЕТЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛУБИННОЙ ГИДРОСФЕРЫ

Кузнецов И.В., Ковалёв Н.И., Тарасенко В.С.

НИИСХ Крыма

inkuznets@gmail.com

За последнее десятилетие в геологии, по сути, сделано грандиозное научное открытие – выявлены факторы восполнения углеводородных (УВ) месторождений в большинстве нефтегазоносных бассейнах мира за счёт восходящей миграции эндогенных глубинных флюидов. Это научное открытие имеет непосредственное отношение к гидрогеологии, а именно - к познанию факторов формирования глубинной гидросферы Земли, так как при поиске и разведке УВ установлено явление глубинной гидрогеологической инверсии (ГГИ). Суть такой инверсии заключается в том, что в нарушение законов гидрохимической зональности (увеличение солёности подземных вод с глубиной), на больших глубинах (от 0.5–1км до2–3км) в процессе глубокого бурения зачастую вскрываются залежи и горизонты пресных вод.

Механизм происхождения ГГИ в свете обоснованной и доказанной академиком А.Е. Лукиным [1] теории глубинно-флюидного происхождения углеводородов заключается в формировании залежей глубоких слабоминерализованных подземных вод (академик Шестопалов В. М., Украина и профессора: Дюнин В. И., Хаустов В.В., Россия) в процессе эндогенной генерации глубинных пароводных флюидов. Проникая в верхние слои литосферы, пароводные флюиды при движении по эндодренажным каналам (разломным зонам) конденсируются во вторичных коровых коллекторах. Формирование таких коллекторов обусловлено тем, что при температуре свыше 60–100°С и более химически и физически связанная вода в верхних слоях земной коры, переходя в свободное состояние, вызывает гидроразрывы структурных связей пород с частичным растворением минерального вещества. В результате этих процессов происходит увеличение пористости пород и их фильтрационно-ёмкостных свойств, что обуславливает приобретение ими коллекторской функции. Паро-водные флюидные потоки при движении вверх к поверхности Земли конденсируются и аккомулируются в коровых и экзогеодинамических коллекторах, образуя в них залежи слабоминерализованных или пресных вод, характеризуемых гидрохимической зональной инверсией.

В Крыму, по данным исследователя Р.И. Кутаса (2011), изотерма 100°С в пределах Скифской платформы находится на глубинах 2–2.5км. Ещё более приподнятое положение (глубины 1–1.5 км) она занимает в Каркинитско-Сивашском рифте и в его бортах. При таком термобарическом состоянии пород на указанных глубинах происходит процесс дегидратации минералов, в результате чего физически связанная вода переходит в свободное парообразное состояние и на последующем этапе водные флюиды при движении к поверхности конденсируются в приповерхностных слоях-коллекторах. Существование

инверсионного типа глубоклюбчиких слабоминерализованных вод (менее 3 г/л) на глубинах около 1.5–2км установлено на южной периферии Каркинитско-Сивашского рифта (Тарханкутский п-ов) в процессе глубокого нефтеразведочного бурения. Необходимо отметить, что аналогичные результаты получены исследователем Г.Л. Бондаревой для Кавказа, где глубины формирования глубоких Пятигорских минеральных вод, приуроченных к зонам тектонических нарушений в районе г. Машук, составили для различных гидрохимических типов – от 760 м до 900–1800 м.

В Крыму с целью поиска глубоких вод были проведены геофизические исследования методом ядерно- магнитного резонанса (ЯМР) на объекте «Ново-Александровка» (Предгорный Крым). По результатам проведенного комплексного анализа данных геолого-геофизических исследований установлено, что выявленная линза глубоких подземных вод в районе с. Ново-Александровки приурочена к гравитационной аномалии, обусловленной близким залеганием к поверхности Зуйского интрузивного комплекса, вскрытого на глубинах 350–400 м в зоне Крымского глубинного разлома. Это надвиговая структура, состоящая из системы субвертикальных и наклонных тектонических нарушений, приурочена к зоне внедрения Зуйской интрузии. Одним из факторов формирования глубоких подземных вод здесь является процесс внедрения флюидов, генерируемых глубинным магматическим комплексом и поступающим по гипогенным карстовым каналам, развитым в карбонатных отложениях карбона. По геофизическим данным, полученным методом ЯМР, здесь обнаружены два основных глубоких водоносных горизонта - на глубинах: 400–580 м (в нижнемеловом комплексе) и 850–1000 м (в карбоновом комплексе прокарстованных карбонатных пород).

В целом особенности региональной глубинной гидрогеологии здесь характеризуются наличием движущихся с Предгорного Крыма на север субгоризонтальных фильтрационных потоков в меловых отложениях, которые на участке Зуйской интрузии, смешиваясь с глубокими водами эндогенного генезиса, образуют в пределах надвиговой геоструктуры, пространственно ограниченной системой тектонических нарушений, обособленную водонапорную гидрогеологическую систему. На основе осреднённых фильтрационных параметров водоносных горизонтов по гидродинамическому методу Рассказова Н. М на исследованном объекте выполнен прогнозный расчёт эксплуатационных ресурсов глубоких подземных вод, объём которых составил около 35 млн. куб. м. В основу расчёта положена модель гидрогеологической напорной структуры в виде линзы, в геоструктурном разрезе состоящей из двух глубоких, гидродинамически связанных водоносных горизонтов, выявленных по результатам комплексных геолого-геофизических исследований.

Литература

1. *А. Е. Лукин, В. М. Шестопалов.* От новой геологической парадигмы к задачам региональных геолого-геофизических исследований. Геофиз. журнал №4, Т.40.2018г.

КРУПНОГЛЫБОВЫЕ ПОТОКИ-ОСЫПИ ТЕССЕЛЬСКОЙ БЕРЕГОВОЙ МОРФОСИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ

Лысенко В.И.[1], **Шик Н.В.**[2]

[1] *Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе*
niagara@mail.ru
[2] *Севастопольский центр туризма, краеведения, спорта и экскурсий,*
n.shik56@bk.ru

Возрастающие техногенные, рекреационные, селитебные нагрузки на морские берега Крыма увеличивают риски катастроф различного происхождения. Для их прогноза, то есть обоснованного предсказание места и времени проявления того или иного геодинамического процесса, оценки его мощности (интенсивности) и ожидаемых последствий, необходимы данные полевых и камеральных исследований различных наук о Земле. Методологической основой таких исследований для побережья Крымского полуострова, несомненно, должно стать учение о береговых морфосистемах (далее – БМС), которое разработал и внедрил в научную и производственную практику Е.И. Игнатов. Взяв за основу системный подход, Евгений Иванович определил БМС как «…такой участок береговой зоны, который образует единое морфолитодинамическое целое с прилегающей к нему частью приморья (или прибрежья) и взморья, с которыми он в ходе современного рельефообразования обменивается потоками вещества и энергии» [1]. Географическое пространство в границах БМС, проводимых обычно по водоразделам флювиальных потоков, следует рассматривать в единстве, так как все элементы этой системы связаны между собой морфологически, морфолитологически, генетически, динамически (поток вещества и энергии), функционально.

Данная работа посвящена изучению процессов формирования и развития линейно-вытянутых крупноглыбовых осыпей-потоков, составляющих одну из ветвей литодинамического потока БМС «Мыс Сарыч-Кацивели (площадью 54,1 км^2, с горным характером рельефа) [1]. Объектами исследования стали несколько «каменных рек» (ложбины Биюк-Дере, Минея, Западно- и Восточно-Парусные), которые находятся у южного подножья горы Челеби-Яурн-Бели между гребнем смещенного массива Чабан-Таш на западе и скалой Парус на востоке. С юга район исследования ограничен волнисто-изрезанной береговой линией, в пределах которой наблюдаются абразионные (клифы) и аккумулятивные (валунно-галечниковые пляжи) участки берега Тессельской бухты, заключенной между мысом Сарыч и мысом Николай. На протяжении шести последних лет ежегодно в разное время года проводились маршрутные обследования территорий с целью оценки активности процессов, наблюдения за их механизмом для чего были на двух из них заложены учетные створы; некоторые процессы моделировались в U-образном лотке.

Изучаемые глыбовые осыпи-потоки заполняют днища крупных депрессий-ложбин (оврагов), вытянутых в меридиональном направлении, что является отражением субмеридионального простирания зон тектонической трещиноватости. В связи с этим они приобрели линейно-вытянутое (глетчерообразное) в плане очертание. Видимая мощность

не менее 3-метров. Обломки представлены остроугольными (иногда с заглаженными ребрами) глыбами мраморовидного известняка до 2–3 метров в поперечнике, которые залегают без видимой сортированности, но плотно пригнаны друг к другу (по типу каменной кладки). По нашему мнению, источником поступления глыб являются отложения не современных, а древних обвалов (дерупций), состоящие из глыб, крупного щебня мраморовидного известняка в суглинистом заполнителе желто-коричневого цвета (массандровские отложения по В.М. Муратову), которые плащом покрывают подножье горного массива.

Формирования этих древних гравитационных отложений шло на протяжении позднего плиоцена и раннечетвертичного времени по типу педимента [2]. Концентрация глыб в притальвеговой области эрозионно-денудационной ложбины происходит за счет скатывания их в данное локальное понижение с бортов, а также с вершины эрозионной формы, где наблюдается 4−9-ти метровый вершинный перепад. Мелкозем заполнителя, представленный продуктами выветривания аргиллитов и песчаников таврической серии, легко размывался и уносился временными водотоками, создавая промытый «свежий» вид «каменных рек». При среднем уклоне в этой части макросклона 19° на отдельных участках глыбового потока, по нашим наблюдениям, уклон достигал более 45°, что связано, прежде всего, с высокими значениями сцепления и угла внутреннего трения глыбовых отложений. Отсутствие заполнителя в толще каменного потока не дает проявляться таким склоновым процессам как крип, делювиальный снос, солифлюкция. О стабилизации данных отложений свидетельствуют: сохранность дорожного полотна, проложенного более 50-ти лет в средней части каменного потока Минея, а также результаты наших лихенометрических и дендрохронологических исследований. Возраст пряморастущих деревьев, проросших через глыбы в овраге Минея, исходя из величины их диаметров, равен 200-230 лет. Близкие величины возраста показали и размеры слоевищ лишайника Rhizocarpon geographicum, которые на глыбах из потоков имели заметно меньшие размеры, чем на водораздельных прилегающих склонах. Отмеченную стабилизацию следует считать отрицательным фактором, так как при этом идет нарастания обвального потенциала склона - способности к быстрым крупнообъемным перемещениям масс горных пород с верхних частей склона к его подножью посредством обваливания, оползания, осыпания [3].

Землетрясения низкого и среднего энергетического уровня (от 5-го до 8-го), число которых в течение года на полуострове насчитывается несколько десятков, своим встряхиваниями лишь повышают устойчивость горных склонов к постоянному асейсмическому воздействию гравитации и экзогенных агентов денудации. Это приводит к снижению малых (по объему и по протяженности) обрушений, что позволяет и дальше накапливаться обломочному материалу. При этом возрастает вероятность обрушения крупных объемов, но только при экстраординарных сейсмических событиях. Как известно из публикаций о палесейсмодислокациях Горного Крыма, в историческое время произошло несколько катастрофических землетрясений в 9 или даже больше баллов [4], которые вызывали сейсмогенные обвалы. Дальность пути каменных потоков и их распространение может быть значительно увеличена при возникновении эффекта «воздушной подушки». Такой эффект чаще всего возникает в долинах [5]. Обрушения огромной массы на стоящие в береговой зоне рекреационные и жилые постройки будет иметь катастрофическое событие. Для предотвращения подобных явлений при строительстве трассы Севастополь -

Ялта в местах прорезание ею каменных потоков-осыпей в теле осыпей были созданы широкие (до 90-100 метров) площадки-улавливатели за счет изъятия крупноглыбового материал, что привело к разъединению литодинамического потока, питающего пляжевые отложения Тессельской бухты, на верхнюю и нижнюю зоны.

Выводы: Изучение малоподвижных скоплений требует пересмотреть устаревшую точку зрения, что отсутствие на каком-либо участке горного рельефа свежих признаков подвижек грунта об отсутствие геоэкологического риска на данном участке. Следует расширить мониторинг наблюдений за такими участками. Как известно, многие процессы динамики БМС определяет литодинамический режим. Это делает наши исследования интересны не только геоморфологам, но и специалистам других направлений, работающих над проблемами берегов.

Литература

1. *Игнатов Е.И., Орлова М.С., Санин А.Ю.* Береговые морфосистемы Крыма. Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2014. 265 с.
2. *Борисенко Л.С.* Схема геологического развития Южного берега Крыма в антропогене// Геологический журнал 1973, № 5. С.123–125.
3. *Важенин Б.П.* Обвальный потенциал гор/ материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Л.Н. Ивановского, Иркутск, 2011, Т.1.
4. *Ена А.В.* Палеосейсмичность Горного Крыма в геологических памятниках и проблема сейсмогравитационной опасности/ http://dspace.nbuv.gov.ua
5. *Вахрушев И.Б.* Сейсмодислокации Ласпи-Лименского района, как объекты научного познавательного туризма/ Проблемы материальной культуры – Географические науки 7. С. 7–11.

ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА

Лысенко В.И.[1], **Шик Н.В.**[2], **Трибой Т. К.** [1]

[1] *Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе*
niagara@mail.ru
[2] *Севастопольский центр туризма, краеведения, спорта и экскурсий; n.shik56@bk.ru*

Разрушительные землетрясения в Крыму происходят в значительно реже, чем жизнь нескольких человеческих поколений. Людская память о них стирается быстро, но часто остаются отметки таких явлений в рельефе. Современные инструментальные сейсмические материалы, полученные после тридцатых годов XX века, не отражают энергетический потенциал дискретных во времени сильнейших землетрясений с очагами на суше и в акватории Черного моря [2]. Сейсмическими станциями полуострова ежегодно регистрируется в среднем около сотни слабых подземных толчков. Значительная часть гипоцентров центром землетрясений приурочено крупным разломам, контролирующих тектоническое строение Горного Крыма. Специалисты Института Физики земли РАН отмечают, что в пределах Юго-западной части Крыма налицо несоответствие между инструментальными и палеосейсмологическими данными об уровне сейсмической опасности [2]. Первые описания сейсмодислокаций в Севастопольском регионе на продолжении Северной бухты приведены в работах Л. Борисенко [1].

Целью наших исследования являлось изучение следов современной тектонической активности Юго-западной части Крыма. Для рассмотрения выбраны сейсмодислокации в скальных породах окрестностей Севастополя (борт Мраморной балки) и окрестностей Фороса. Они находятся в вершинной части горных обрывов, что как известно, является геоморфологическим фактором сейсмоморфогенеза, наряду с наличием крутых и обрывистых склонов, обладающих высокой энергией рельефа; развитие экзогенных процессов, где главным генетическим фактором является гравитация [3].

Выявленные нами палеосейсмические дислокации приурочены к зонам разломов Прибрежному и Мраморной балки [4] или, как считают некоторые исследователи, к Южнобережному меланжу [5]. В их строении участвует богатый литологический и стратиграфический комплекс пород, которые указывают на активные геодинамические процессы в этих регионах со средней юры до наших дней [4].

Имеются значительные различия в геологическом разрезе пород, которые слагают зону разлома Мраморной балки, с южной и северной сторон. Северная часть разломной зоны разреза представлена мощной толщей эффузивов средней юры, которые перекрыты терригенно-карбонатной толщей миоцена мощностью от 30 до 40 м. Нижняя часть разреза южной зоны разлома представлена глинистыми алевролитами и аргиллитами батского яруса, на которые с угловым несогласием залегают мраморовидные известняки верхней юры. Различные физико-механических свойств цоколя и известнякового массива обуславливают дополнительные напряжения сжатия-растяжения и сдвига при распространении продольных и поперечных волн в известняках. На поверхности этих известняков находятся сейсмодислокации, которые расположены на расстоянии 150,0–250,0 м от обрыва и ориентированы параллельно разлому Мраморной балки (Аз пр. 280°). Протяжённость зоны с этими образованиями составляет больше 400,0 метров.

Палеосейсмодислокации представлены прерывистой цепочкой сейсмогравитационные рвов линзовидной формы с некоторым закруглением к югу.

Щелевидные линзы имеют размеры от 10,0 до 50,0 м, а мощность раздвига от 0,1 до 2,0 м. Поверхность стенок сейсмодислокаций сильно трещиноватая. С южной стороны к щелевидным рвам примыкают отдельные трещины длиной до метра. Стенки дислокаций почти вертикальные и имеют слабый наклон на юг (Аз 190°). Одна открытая трещина разорвала на две части выход карстовой полости на поверхности массива. Формирование сейсмодислокаций происходит в зоне, повышенной трещиноватости в массивных мраморовидных известняках верхней юры. Блок известняков подстилается глинистыми породами средней юры, которые «провоцируют» при подземных толчках образование сейсмо-гравитационные смещения [3].

В западной части Южного берега Крыма научный интерес представляют более мелкие палеосейсмодислокации, которые впервые для данной территории выявлены на поверхности туфовой толщи и интрузивных тел долеритов. Такие образования встречаются на южных склонах Главной гряды над поселками Кацивели и Тессели. Они представлены цепочкой двух или трех открытых рвов протяжённостью 10,0–20,0 м, которые ориентированы параллельно линии простирания берега. Мощность клиновидных сейсмических рвов в некоторых местах достигает метра. Данные палеосейсмодислокации имеют похожую природу сейсмо-гравитационного образования, так-как под блоком магматических пород находятся глинистые породы юры и триаса. На молодой возраст палеосейсмодислокации указывают отсутствие в них древесной растительности и делювиальных отложений.

Большинство гипоцентров землетрясений Крыма расположены в земной коре в области крутого континентального склона Черного моря на глубинах от 10 до 40 км. Современные сейсмогенерирующие структуры в Юго-западной части Крыма приурочены к Форосскому выступу и Севастопольскому разлому, на продолжении Северной бухты [1,2]. Наши геологические данные, наличия палеосейсмодислокаций, подтверждаются находками археологических следов сильнейших древних сейсмических катастроф в Херсонесе. Поэтому, можно считать, что в Юго-западной части Крыма могут происходить сейсмические события высочайших уровней балльности, которые имели место на протяжении последних нескольких тысяч лет. Результаты наших исследований необходимо учитывать при сейсмическом районирование региона.

Литература

1. *Борисенко Л.С., Тихоненков Э.П., Новик Н.Н., Чебаненко И.И.* О структурной приуроченности эпицентров основных групп Крымских землетрясений // Геологический журнал. 1983. Т. 43. № 6. С. 64–69.
2. *Бурмин В.Ю., Шумлянская Л.А.* Современная сейсмичность Крыма. Вопросы инженерной сейсмологи. Том 42, номер 2, 2015. С. 5–17.
3. *Вахрушев И.Б.* Сейсмогеоморфология Горного Крыма: процессы и факторы сейсмоморфогенеза // Культура народов Причерноморья. 2001. № 26. С. 51–55.
4. *Моисеев А.С.* К геологии Юго-Западной части Главной гряды Крымских гор // Мат. по общей и прикладной геологии. Вып. 189. 1930. С. 45–67.
5. *Юдин В.В.* Микститы Горного Крыма / Докл. РАН. 1998. № 5. т. 363. С. 666–669.

МОРФОЛОГИЯ МОРСКИХ БЕРЕГОВ

Любчик А. И.

Филиал МГУ имени М. В. Ломоносова в городе Севастополе

sashalbchk@mail.ru

Берега морей и океанов являются наиболее динамичными участками суши, развитие которых протекает при сложном взаимодействии разнообразных процессов. Наибольшее влияние на морфологию берегов оказывает изменчивость гидрометеорологических показателей.

Изучение морских берегов – это сложная задача, поскольку они развиваются в условиях тесного контакта литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. К перечисленным факторам добавляется усиливающееся влияние антропогенной нагрузки на берега.

Цель работы: провести характеристику морфологии морских берегов.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: проанализировать существующую литературу о строении морских берегов и берегообразующих процессах, динамике и основных факторах формирования морских берегов; дать характеристику различным типам берегов и, в частности, их распределению в пределах полуострова Крым.

Основные понятия и определения:

Береговая линия – среднемноголетнее положение уреза воды, где урез воды – это линия пересечения подводного берегового склона с поверхностью моря при отсутствии волнения, приливов (отливов) и нагонов (сгонов) в данный момент. Вследствие относительных или абсолютных колебаний уровня океана или моря, береговые формы рельефа могут оказаться выше или ниже того уровня, на котором они сформировались. Комплексы таких реликтовых форм получили наименование древних береговых линий [5, 12].

Пограничная полоса между сушей и морем, характеризующаяся распространением современных и древних береговых форм рельефа называется побережьем. Уточнения данного понятия направлены на определение его пространственных границ. Верхней и нижней границами побережий принято считать соответствующие границы распространения морских террас того или иного возраста, поднятых или опущенных по отношению к современному берегу. Следует отметить неопределённость этого термина, так как формирование и развитие "побережий" происходило не только под влиянием трансгрессий и регрессий Мирового океана, вызванных развитием и деградацией оледенений на суше, но и тектоническими движениями земной коры [2].

Прилегающая к береговой линии полоса земной поверхности, испытывающая воздействие волнении, приливов и отливов, сгонов- нагонов и периодически затопляемая или осушаемая при данном уровне моря, называется берегом [5].

Берег – это прилегающая к береговой линии полоса земной поверхности, периодически осушаемая или заливаемая и при данном уровне моря постоянно испытывающая воздействие волнения прибойного потока, приливов-отливов и сгонов-

нагонов. Подводный береговой склон – прибрежная полоса морского дна, в пределах которой волны способны проводить активную работу: размывать дно, перемещать наносы. Эта полоса дна располагается между нижней границей береговой зоны и линией разрушения волн [11, 12].

Совокупность берега и подводного берегового склона образует береговую зону, где взаимодействуютгидросфера, литосфера, атмосфера и биосфера. Здесь же действуют разнообразные процессы (флювиальные, склоновые, эоловые, биогенные и др).

Береговая зона – одна из важнейших и наиболее ярко выраженных «контактных» зон в океане и объект изучения геоморфологии морских берегов [5, 12].

На формирование морских берегов оказывает влияние множество факторов динамики береговой зоны (гидродинамические, геологические, геоморфологические и климатические).

Б.А. Попов (1977) выделил два вида факторов формирования берегов:

1. Активные, имеющие такую кинетическую энергию, которая способна перемещать наносы, создавать аккумулятивные формы и производить работу по перестройке берега. К таким факторам относятся гидрогенные волновые факторы, ветер, неволновые течения, сгонно-нагонные колебания уровня моря субаэральные факторы, некоторые биогенные и техногенные факторы.
2. Пассивные факторы, не обладают такой кинетической энергией, но способные влиять на силу и характер проявления активных факторов. К пассивным факторам относятся геолого-геоморфологические и ряд климатических факторов [10].

Абразия – разрушительная работа волн, которая бывает нескольких типов:

1. Механическая абразия – разрушение слагающих берега пород, в результате ударов волн и прибоя;
2. Химическая абразия – разрушение пород из-за растворяющей способности воды;
3. Термическая абразия – разрушение под воздействием термического эффекта воды [5].

Под механическим действием волн вблизи уреза формируется за счет разрушения породы некоторая выемка, которая постепенно углубляется и расширяется – так называемая волноприбойная ниша. Ниже нее образуется слабо наклонная в сторону моря волноприбойная площадка. Постепенно вырабатывается вертикальный или почти вертикальный уступ – абразионный обрыв, или клиф. По мере отступания клифа под ударами волн и прибоя перед его подножием вырабатываемая слабо наклонная в сторону моря площадка – бенч.

Интенсивность процессов абразии зависит от степени податливости породы размыву. О.К.Леонтьев в 1961 г. Предложил разделить все породы по степени их сопротивляемости абразии на пять классов:

I – Прочные скальные кристаллические, прочные метаморфические и осадочные породы (известняки, граниты и некоторые гнейсы) (известняки, граниты и некоторые гнейсы)

II – Изверженные метаморфизованные, метаморфические, сцементированные осадочные и эффузивные породы (гнейсы, серпентиниты, сланцы, андезиты, туфобазальты и др.)

III – Выветрелые, слабопрочные осадочные и эффузивные породы, (сильно выветрелые кристаллические породы, мергели, глинистые и мергелистые известняки, аргиллиты, песчаники и туфы)

IV – Полускальные и глинистые, некоторые слабо сцементированные осадочные породы (песчаники, конгломераты, глины, суглинки)

V – рыхлые несцементированные отложения (пески, супеси, лёсс, галечники, несцементированные гравелиты) [13].

Морфология абразионных берегов, как и эффективность абразии существенно зависят от прочности и характера залегания горных пород, слагающих берег, поэтому в некоторых местах, где берег сложен очень прочными породами, сохраняется тот профиль склона, который существовал до того, как установился современный уровень океана. Например, на Кольском полуострове известны гранитные береговые уступы, до сих пор сохранившие следы ледниковой обработки, т.е. за период более 10 тыс. лет эти склоны практически не были сколько-нибудь изменены абразией, в отличие, например, от интенсивно отступающих южных берегов полуострова Крым, где помимо податливости пород размыву также способствует открытость сильным ветрам и волнениям с юго-запада и юго-востока.

В результате химической абразии у подножия клифа формируется ниша выщелачивания, иногда гроты, а на стенке клифа – различные микро- и наноформы – карры, карровые борозды и т.д.

Под действием термической абразии, при таянии так называемого «ледового комплекса» (на 50 % это алевриты, реже пески, скованные льдом) образуется большая масса рыхлого материала, который уносится течениями за пределы береговой зоны либо служит в качестве наносов при построении различных береговых аккумулятивных форм.

Скорость термической абразии в большей мере зависит от литологического состава мерзлых пород. Очень быстро разрушаются берега, сложенные чистым льдом, например, клиф, сложенный жильным или ископаемым льдом. Но, как правило, в среднем характерные скорости отступания берега - это десятки метров.

Аккумулятивные формы рельефа в береговой зоне возникают из-за того, что скорость волновых движений возрастает по направлению к береговой линии, в результате чего возникают зоны, в которых материал выносится к берегу. В таких зонах из-за набрасывания наносов прибойного потока у береговой черты формируется пляж. На песчаных берегах нередко образуются эоловые прибрежные формы – дюны. Источником их питания являются песчаные пляжи [5].

При большой мощности залегающих наносов на отлогом подводном профиле склона формируется береговой бар – параллельная к берегу песчаная длинная и узкая вдольбереговая гряда. В результате волнения накапливаются массы наносов и образуются береговые и подводные валы, а также аккумулятивные террасы [1, 5].

На сегодняшний день не существует единой классификации морских берегов, так как при их формировании принимает участие большое количество условий и факторов. Выделяют несколько видов классификаций основанные на разных признаках, однако у всех классификаций есть свои преимущества и недостатки:

1. Морфологические типы морских берегов – данная классификация удобна с точки зрения наглядности, однако из неё невозможно сделать вывод о происхождении и развитии берега, и она мало пригодна для практического применения [6].

2. Генетическая классификация берегов - объясняет формирование разных типов берегов (работа волн моря, поведение земной коры в области берегов, эвстатические колебания мирового океана, структурные особенности суши, влияние приливов и отливов) [8].

3. Классификация типов морских берегов по генезису и стадиям эволюции береговой линии [5].

4. Классификация берегов по тектоническому принципу – построена по принципу тектонического влияния на берега [16].

5. Морфогенетическая классификация морских берегов – объединяет в себе как морфологический, так и генетический признак, но она не учитывает тектонические движения земной коры в береговой зоне [1]

Характеристика морфогенетических типов берегов:

1. Извилистые, изрезанные берега, образовавшиеся при ингрессии моря тысячи лет назад, называют ингрессионными. Эти берега не переработаны или слабо переработаны волновыми процессами. В зависимости от основной причины, обусловившей исходное расчленение береговой линии, различают берега с ледниковым, эрозионным, эоловым, глыбово-тектоническим и другими типами расчленения. При ингрессии моря в пределы резко расчлененных субаэральными процессами участков суши возникает первично-расчлененный берег. В зависимости от первичных уклонов затапливаемой суши развитие возникшего ингрессионногобухтового берега может протекать по типу приглубых бухтовых берегов или берегов приглубых у мысов и отмелых в вершинах бухт. В том случае, если первичный бухтовый берег сложен породами различного состава и прочности, его контур сохраняет значительные неровности в результате процессов селективной абразии [5].

В работе Береговые морфосистемы Крыма (2014 г.) Игнатов, Орлов и Санин применили новый подход к типизации берегов Крыма, предложив учитывать часть берегов как природную систему, а часть – как социальную. Отдельно также выделяют антропогенные берега, которые разделяют на закованные в бетон (и санаторные набережные, берега, примыкающие к промышленным предприятиям и т.д, а также в целях защиты от размыва) и берега, защищаемые сериями бун в пределах санаториев и турбаз.

Поскольку берега являются не только природными, но и социальными системами их можно типизировать, исходя из основного вида природопользования на них, а также от степени рекреационной нагрузки. Различают берега с весьма слабым, слабым, средним, сильным и весьма сильным воздействием рекреационной деятельности в зависимости от количества рекреантов, их влияния на рельеф прибрежной зоны, а также на вещественные и энергетические потоки внутри береговых морфосистем. К весьма слабым берегам по степени рекреационной нагрузки можно отнести участок между Качей и Орловкой; к средним – некоторые городские пляжи Севастополя и Евпатории, а также разных сел и поселков (Николаевки, Качи, Поповки и т.д.); сильное и весьма сильное рекреационное воздействие наблюдается на берегах с различными средствами размещения (санаториями, гостиницами, базами отдыха и т.д.).

Однако наиболее сильное влияние на природные системы оказывает сооружение бун и бетонных берегов, призванных защитить побережье от размывов. Это влияет на гидро-, морфо- и лито динамику прибрежной зоны, ширину и конфигурацию пляжа, колебания скорости размыва и абразии берега и т.д. Поэтому данные берега относятся к типу весьма сильного рекреационного воздействия. Отдельно также выделяют малопригодные для отдыха сильно измененные человеком городские берега.

На основании проведённого анализа удалось убедиться в том, что для береговой зоны, являющейся главным объектом изучения в данной работе, характерна высокая изменчивость в пространстве и времени. Она формируется и постоянно видоизменяется в результате сложного взаимодействия и взаимопроникновения ряда факторов, которые были рассмотрены в данной работе.

В пределах береговой зоны могут происходить краткосрочные изменения, связанные с воздействием современных опасных процессов. Среди таких процессов − абразия. В результате её воздействия берег может отступать на метры, в редких случаях – на десятки метров в год. Такие события могут оставаться незамеченными людьми в случае отсутствия поселений вдоль берега.

Однако на освоенных человеком побережьях отступание берега может стать катастрофой, угрожая жизни людей и сохранности сооружений. Такую ситуацию можно наблюдать, например, на южных берегах полуострова Крым. Для предотвращения отступления берега в настоящее время многие участки берегов Южного Крыма искусственно закреплены. Значительные участки берега защищены от размыва берегоукрепительными сооружениями.

Классификации, разработанные для мира в целом, не могут в полной мере учитывать отдельные особенности и влияние человека на берега Крымского полуострова, поэтому необходимо применять новые подходы к типизации берегов Крыма. Один из таких подходов разработан в работе Береговые морфосистемы Крыма (2014 г.).

Литература

1. *Щукин И.С.* Общая геоморфология // М.: Изд-во МГУ, 1974. Т. 3 – 382 с.
2. *Bird E.*C.F. Coastal geomorphology: an introduction. John Wiley and Sons. 2008.
3. *Шуйский Ю.Д., Симеонова Г.А.* О влиянии геологического строения морских берегов на процессы абразии // Докл. Болг. АН. 1976. Т. 29. №2
4. *Рычагов Г.И.* Общая геоморфология / - М.: Изд-во МГУ, 2006 –С. 416;
5. *Сафьянов Г.А.* Геоморфология морских берегов / Г.А.Сафьянов - М.: Изд-во МГУ, 1996 – С. 400
6. *В.П. Зенкович и др.* Морская геоморфология. Терминологический справочник / - М.: Мысль, 1980. С. 343
7. *ЛисицинА.П.* Маргинальный фильтр / А.П. Лисицин // Океанология. – 1994. - том 34, №5. - С. 735–747.
8. *Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г., Соловьева Г.Д., Холодилин Н.А.* Карта типов берегов и побережий Мирового океана. // в сб. Рельеф и ландшафты, Изд-во МГУ Москва, 1977, с. 116-126.
9. *Котляков В.М. и др.* Гляциологический словарь – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984 – С. 528.
10. *Кизевальтер Д. С., Раскатов Г. И., Рыжова А. А.* Геоморфология и четвертичная геология. М., «Недра», 1981.
11. *Каплин П.А. и др.* Берега. Серия `Природа мира` М. Мысль 1991г. 479 с
12. *Игнатов Е. И., Орлова М. С., Санин А. Ю.* Береговые морфосистемы Крыма. — НПЦ
13. *Ионин А.С, Каплин П.А., Медведев В.С.* Классификация типов берегов земного шара // Тр. океанограф, комиссии. 1961. Т.12
14. *Игнатов Е.И.* Береговые морфосистемы / Е.И.Игнатов. - М.: Изд-во МГУ, 2004 – С. 352
15. *Болтрамович С. Ф., Жиров А. И., Ласточкин А. Н., Лопатин Д. В., Мусатов Ю. Е.* Геоморфология. Учебник. М.: Академия, 2011. 319 с.
16. *Johnson D.W.* Shore processes and shoreline development. New York; London, 1919.
17. *Shepard F.P.* Submarine geology. Harper and Row. New York. 1973.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НОВЕЙШИХ СТРУКТУРНЫХ ФОРМ И ИХ РЕЛЬЕФА

Макарова Н.В., Суханова Т. В.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
makarovanat@yandex.ru, tanikamgu@mail.ru

Стадийность формирования и развития новейших структурных форм является общим их свойством во всех орогенных и платформенных областях. Она обусловлена неравномерным непрерывно-прерывистым циклическим характером проявления тектонических процессов на обширных территориях. Выражением стадийности являются разновысотные и разновозрастные поверхности выравнивания разного генезиса. Вместе с разделяющими их разноглубинными врезами, выраженными уступами, склонами, они определяют ступенчатость (этажность) рельефа поднятий и впадин. Поверхности формируются в относительно спокойные в тектоническом отношении периоды, тогда как отделяющие их друг от друга врезы - в периоды активизации (импульсов) движений, и их глубина прямо пропорциональна амплитудам поднятий. Эрозионно-денудационные поверхности (от которых часто сохраняются лишь фрагменты) чаще всего представляют собой педименты, развивающиеся к эрозионно-аккумулятивным или аккумулятивным поверхностям, в том числе речным и морским террасам. Они являются региональными структурными реперами, отражающими все особенности проявления новейших тектонических движений. Поэтому анализ их распространения и высотного положения имеет большое значение для изучения новейшей тектоники орогенных и платформенные областей.

Количество ступеней рельефа, отражающих стадии тектонических движений, проявленные в течение новейшего тектонического этапа, включая четвертичный период, и их возраст практически одинаковы, и их образование синхронно во времени в разных орогенных и платформенных областях. Различием являются общие и стадийные амплитуды поднятий и опусканий (прогибаний) и скорости этих процессов. Однотипны и одновозрастны коррелятивные стадиям свиты и комплексы новейших отложений. В них, помимо тектонических условий образования, отражены и сходные климатические условия (данные многих исследователей по палеонтологии, литологии, геохимии и др.).

В горных (орогенных) областях первые стадии развития структур, развивающихся с начала новейшего этапа (Тянь-Шань, Памир, Урал, Алтай и др.) и отраженные в рельефе, были малоамплитудными – 100–150 м. И коррелятивные стадиям отложения были сходны по механическому составу и климатическим условиям образования – еще относительно тонкообломочная моласса незначительной мощности (первые десятки метров) и в большинстве случаев красноцветная. Это стадия позднего олигоцена–-начала раннего миоцена (p_3–N_1). В следующие стадии, охватывающие ранний, средний и поздний миоцен (N_1^1, N_1^2, N_1^3) и плиоцен (N_2), а затем и четвертичный период (Q), амплитуды поднятий,

вычисленные по глубинам стадийных врезов, составляли сотни метров, а скорости движений, увеличились на порядок, хотя продолжительность стадий уменьшалась с нескольких миллионов до первых сотен и десятков тысяч лет. В связи с этим, коррелятивные отложения стали более грубыми, за исключением отдельных впадин, где накапливались осадки, содержащие соль (впадины Тянь-Шаня и др.). Климатические условия повсеместно показывают постепенное изменение климата в сторону похолодания. Локальные тектонические движения отдельных участков обусловили появление дополнительных поверхностей на склонах или уменьшение глубин врезов, изменение мощности и состава коррелятивных отложений.

Аналогичные или близкие по возрасту стадии развития структур характерны и для платформ – Западно-Сибирской, Сибирской, Восточно-Европейской. На Восточно-Европейской платформе наиболее крупные поднятия – Воронежское, Токмовское, Средне-Волжское, Южно-Татарский свод, поднятия Донбасса, Чернышова и др., абсолютная высота которых превышает 300 м, начали развиваться, как и поднятия в орогенах, с конца олигоцена – раннего миоцена. Последующие стадии развития структур были также синхронными по времени проявления. Развитые на склонах поверхности выравнивания, по возрасту аналогичные выделяемым в горных областях. Однако глубины врезов или превышение одной поверхности над другой, редко превышают 20–40 м, соответственно стадийные амплитуды поднятий составляют 30–60 м, а скорости поднятий - 0, 02–0,06 мм/год. Так же, как и в горах, наибольшие амплитуды характерны для конца плиоцена, а скорости поднятий увеличиваются в течение кчетвертичного периода с 0,2–0,4 в ранний и средний неоплейстоцен до 2–4 мм/год в голоцене.

Региональные и локальные тектонические движения, сопровождающиеся глобальными и менее крупного ранга изменениями климатических условий, достаточно ярко проявлены в процессе развития структур в четвертичное время. Об этом свидетельствует строение рельефа и особенно речных долин. В горных и равнинных областях и в разных климатических зонах оно принципиально сходно. Количество цикловых террас практически одинаковое – 5–6 во внеледниковых районах или соответствующих им свит в областях опускания. Сходно и строение аллювия. Он формируется в стадии врезания, расширения долины, аккумуляции и динамического равновесия, последовательно сменяющиеся и составляющие эрозионно-аккумулятивный цикл. Начало цикла и врезание русла – это время активизации региональных тектонических движений в орогенных и платформенных областях и одновременной смены холодного сухого климата, соответствующего концу оледенения, теплым сухим и затем теплым влажным времени межледниковья. Цикл заканчивается ослаблением или полным отсутствием тектонических движений, наступлением холодного влажного и затем холодного сухого климата и прекращением аккумуляции аллювия. Это доказывается комплексом методов – палеонтологических, литологических, геохимических, геофизических и др. Локальные движения и более кратковременные климатические изменения отражены в появлении террас врезания, составе аллювия, и многих других его особенностях.

Таким образом, проявление тектонических движений при одновременном изменении климата на протяжении новейшего этапа устанавливается в орогенных и платформенных областях. Наиболее отчетливо синхронность этих процессов выявляется на

четвертичных стадиях новейшего этапа. Корреляция строения речных долин и слагающего их аллювия в разных по тектонике и климату регионах дает большой материал для этого. Это явилось основой выделения четвертичных фаз тектонической активности, проявляющихся периодически повсеместно в виде импульсов в орогенных и платформенных областях, но с разной интенсивностью. Главный импульс тектонической активности совпадает с временем окончания похолодания, сокращения оледенения и началом потепления, а прекращение или замедление движений – со временем начала похолодания и максимального развития оледенения. Некоторые фазы были выделены ранее (А.А. Никонов, С.А. Несмеянов, В.Г. Трифонов и др.), однако корреляция их с климатическими изменениями представлена впервые. Синхронность проявления тектонических движений и климатических изменений объясняется общепланетарными и космическими причинами.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЗЕЛЕНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИБРЕЖНЫХ ГОРОДОВ

Малышев Т.Р.

ТА КФУ им В.И. Вернадского

malysheff.tim@yandex.ua

Активизация градостроительных процессов в прибрежных городах привела к ухудшению экологического состояния и качества городской среды, особенно в городах расположенные в комфортных природно-климатических условиях. Показатели озеленения, обеспеченность зелеными насаждениями, состояние и устойчивость насаждений к городской среде входят в группу индикаторов устойчивого развития центров урбанизации. Основой зеленой инфраструктуры являются зеленые пространства, 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, снижению качества окружающей среды городов прибрежной зоны. Оценка современного состояния зеленых насаждений в прибрежных городах показывает низкую долю озеленения общего пользования, высокий процент «старых» зеленых насаждений, при этом новые создаются минимально без учета геоэкологических параметров.

Методы исследования, применяемые в ходе анализа экологических функций зеленой инфраструктуры прибрежных городов, применяются в рамках геосистемной парадигмы географической науки. Для описания экологических функций используются как общенаучные методы, так и специализированные методы исследования. Из специализированных методов применяется: аэрокосмический для определения параметров зеленой инфраструктуры; геоинформационный метод применялся для обработки исходных и статистических данных; картографический метод необходим для анализа экологических функций и отображения результатов проведенной работы.

Суть анализа экологических функций зеленой инфраструктуры заключается в выявлении и анализе экологических функций продуцируемых зеленой инфраструктурой городов. Применяются апробированные известные методики расчета экологических функций зеленой инфраструктуры городов по нейтрализации загрязняющих веществ в атмосфере среди которых: оксиды серы, углекислый газа, угарный газ, хлориды, фториды, пыль, озон, PM 10, канцерогены, оксиды азота, смягчение кислотности атмосферы. Также известны методики оценки по разгрузки ливневой канализации от мелкодисперсных и крупнодисперсных фракций ливневого стока, а также задержание фосфатных загрязнителей. Применения методики по оценке экологической функции продуцирования зелеными насаждениями фитонцидов. Моделирование климатических экологических функции по понижению температуры воздуха, повышению влажности воздуха и ионизации атмосферного воздуха прибрежных городов.

Практическая значимость результатов подобных исследований заключается в ее применении при территориальном планировании, менеджменте и оптимизации зеленой

инфраструктуры, оздоровлении городской среды, экологическом планировании урбанизированных территорий. Использование материалов работы в региональной и муниципальной экологической политике прибрежных городских территорий. Также результаты подобных исследований показывают важность зеленых насаждений в поддержании геоэкологического равновесия в урбанизированных территорий. Показавают важность сохранения существующих объектов зеленой инфраструктуры, являющимися важнейшими средообразующими экосистемами городов. Крупнейшими объектами зеленой инфраструктуры обычно выступают городские леса, которые наиболее сохранились на окраинах городов и зеленые территории общего пользования значительной площади. Проведение анализа над данными экосистемами с позиции экологических функций способствует повышению конкурентоспособности зеленой инфраструктуры по сравнению с альтернативными вариантами использования данных земель, а также стимулом к созданию новых зеленых зон.

На современном этапе развития урбанизированных территорий в странах с высоким уровнем благосостояния увеличивается интенсивность транспортных потоков, народонаселение, количество выбросов загрязнителей в окружающею среду. Более остро формируется проблема сохранения и оздоровление городской среды, которая в свою очередь влияет на здоровье населения в целом, так и на отдельного человека. Индивидуальное и коллективное здоровье подвергается прямому воздействию с окружающей его урбанизированной среды, которая в свою очередь формирует следующие типы здоровья: физическое, психическое, социальное, эмоциональное, интеллектуальное, духовное [12]. Данные типы социального здоровья непосредственно зависят от качества зеленой инфраструктуры урбанизированных территорий и составляющих их кварталов, районов, микрорайонов обеспечивающие продуцирования экологических функций.

Недостаток зеленой инфраструктуры в отдельных кварталах города могут привести урон непосредственно физическому здоровью. Например, через недостаточность поглощения отдельных видов атмосферных загрязнителей зелеными насаждениями, может привести к злокачественным новообразованиям, болезням системы пищеварения, кровообращения, нарушение эндокринной и выделительной системы; малая доступность зеленой инфраструктуры приводит к гиподинамии и напряжение органов чувств, что приводит к болезням кровообращения; напряжённой микроклимат из-за отсутствия зеленой инфраструктуры приводит к дискомфортной температурой воздуха и недостаточным увлажнением, что вызывает стресс, болезни нервной системы, системы кровообращения. Это далеко не весь перечень негативных эффектов, вызванных отсутствием или малой доли зеленой инфраструктуры на урбанизированную единицу деления [8]. Норма ВОЗ 30 м²/чел зеленых насаждений обусловлена именно медико-санитарными нормами, что является нормой для обеспечения качественной городской среды для населения [23].

В настоящие время в мире происходит деградация природных геосистем, увлечение доли городского населения, что обусловлено увеличением урбанистической нагрузки на природную среду. С середины XX века в научной литературе обсуждаются вопросы экономической оценки экосистемных услуг, предоставляемых природными геосистемами Концепция экосистемных услуг появилась в конце XIX века и связана с дискуссией о том, что природные ресурсы Земли являются неограниченными. В 1956 году Павел Сирс обратил внимание на важную роль экосистемы в переработке отходов и утилизации

питательных веществ [17]. Понятие «услуги» в современном понимании, связывают с трудом, посвященным критическим проблемам состояния окружающей среды [2].

В 1970-1980-х годах учёные начали использовать экономическую терминологию в экологической науке с целью повышения общественного интереса к проблеме сохранения биоразнообразия. Британский экономист Э. Шумахер в 1973 году ввёл понятие «природный капитал». Сегодня природный капитал характеризуется как эколого-экономическая категория, обозначающая запас природных ресурсов, которая включает в себя: полезные ископаемые, почвы, природные воды, климат и биоту. В настоящее время в научной литературе применяются термины: «экосистемные услуги», «экологические услуги», «услуги окружающей среды», «услуги природы» [5].

В концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию определена необходимость перехода к новой модели развития. Одной из главных задач устойчивого развития является улучшение качества окружающей среды за счет экологизации экономической деятельности и экологически ориентированных методов управления. Снижение негативного воздействия на окружающую среду — это залог социально-экономического развития страны, выполнения социальных обязательств, повышения качества жизни населения.

Высокие темпы урбанизации в мире получили название «городская революция» [7]. Процент городского населения вырос с 13 % в 1900 г. до 29 % в 1950 г. и 49 % в 2005 г., переломный момент отмечен в 2007 г. — половина населения Земли стала жить в городах 1. По прогнозу ООН, в период 2000–2025 гг. население мира увеличится от 6,1 до 7,8 млрд чел., и около 90 % всего населения будут жить в городах [11]. Библиографический анализ литературы по проблемам урбанизации с 1991 г. по 2009 г., проведенный Х. Ваном с соавторами, свидетельствует о росте интереса к экологическим проблемам урбанизации в последние годы, особенно в Америке, Европе и Азиатско-Тихоокеанском регионе. Россия не является исключением, и здесь эти проблемы находятся в центре внимания ученых и практиков [13].

Благоустройство городов — одна из приоритетных задач формирования комфортной городской среды. Программы развития Республики Крым и города в Симферополь в частности декларируют рост экономического потенциала территории, опосредованно затрагивают социальную сферу, но не уделяют внимания экологической составляющей. В настоящее время в Симферополе складывается сложная экологическая обстановка: градостроительная ситуация далека от идеалов «устойчивого развития» и нуждается в создании эффективной системы градорегулирования.

Земельный фонд города рассматривают лишь как базис размещения хозяйственных предприятий в соответствии с Градостроительным кодексом. Однако этот документ закрепляет планы, которые хотя и имеют комплексный характер, но ориентированы в основном на промышленное и коммунальное строительство, а особой форме землепользования — экологической — не придают должного значения [19]. Стремление хозяйственных ведомств развивать свою деятельность приводит к решениям, которые не рассматривают город как целостную систему и среду жизнедеятельности всех его жителей. Однако приоритет должен отдаваться интересам целостной градостроительной системы [13].

Улучшение экологической ситуации в городах связано с совершенствованием системы озеленения, под которой понимается научно обоснованное пространственное размещение всех компонентов городского озеленения в соответствии с градостроительными зонами, почвенными, климатическими и другими факторами с целью достижения оптимального экологического, санитарно-гигиенического и эстетического эффектов [4]. В зарубежной практике городского планирования используют понятие «зеленая инфраструктура» («Greeninfrastructure») [20] или как ее в ряде зарубежных публикаций именуют, «сине-зеленая» инфраструктура (blueandgreeninfrastructure) представляет собой сеть объектов, обеспечивающих «компоненты» для решения городских и климатических проблем, при этом обязательным условием является выполнение принципа «строительства с природой» (buildingwithnature) [21]. В число таких главных компонентов входят: управление качеством воды, улучшение качества воздуха, мероприятия по адаптации к изменениям климата, стабильная выработка экологически чистой энергии, исключение потерь тепла, строительство энергосберегающих сооружений, повышение биоразнообразия, производство экологически чистых продуктов питания, обеспечение экологически сбалансированного использования водных ресурсов и ресурсов почв [16]. Зеленая инфраструктура также служит экологической основой для социальной, экономической и политической безопасности, обеспечивая достойное качество жизни горожан посредством снижения риска заболеваемости, обеспечения рекреационной и культурно-эстетической ценностей [11]. Анализу данной концепции и изучению ее внедрения в градостроительные программы развития городов посвящено значительное количество зарубежных исследований [13; 14; 16; 18; 21; 22].

Согласно концепции «зеленой» инфраструктуры для модели «зеленого» города характерна минимизация негативного антропогенного воздействия на окружающую среду в рамках устойчивого развития территории [3]. Цель эта может быть достигнута за счет комплексной экологической политики, включающей не только отдельные экологические мероприятия, но и экологизацию всех элементов инфраструктуры города и в особенности внедрение экологического мышления и образа жизни среди жителей [15].

В российской науке широко известны определения «зеленой» (экологической) инфраструктуры Н.Ф. Реймерса и Н.А. Николаева. Так, согласно Н.Ф. Реймерсу, экологическая инфраструктура представляет собой комплекс сооружений, предприятий, учреждений, сетей и технологических систем, обеспечивающих условия среды жизни человека. В данный комплекс входят как элементы традиционной социальной и производственной инфраструктуры (системы мониторинга, очистных сооружений, коммунальное хозяйство, сфера обслуживания, дренажные системы, плотины и пр.), так и совокупность особо охраняемых природных территорий, зеленые зоны, парковые и защитные леса, памятники природы и другие объекты. В трактовке В.А. Николаева [5] экологическая инфраструктура включает всю совокупность геосистем естественного и искусственного происхождения в пределах того или иного ландшафта, которые выполняют природоохранные и средооразующие функции.

Зеленый урбанизм служит инструментом повышения качества жизни в городах [9]. Озеленение является одним из эффективных способов оптимизации городской среды. Делать ставку лишь на технические средства при планировании и развитии городов без достаточного внимания к экологическому состоянию территории бесперспективно [14].

Инвестиции в природный капитал и экосистемные подходы, например, сохранение и развитие зеленой инфраструктуры городов, в перспективе могут быть экономически более эффективными по сравнению с искусственными решениями [10]. Показатели городского озеленения (обеспеченность насаждениями общего пользования, относительное жизненное состояние и устойчивость зеленых насаждений к факторам городской среды) входят в группу индикаторов устойчивого развития центров урбанизации [22]. Научно-практические исследования, направленные на изучение структуры, планирование, экосистемных выгод и развитие зеленой инфраструктуры, являются чрезвычайно актуальными на сегодняшний день.

Сущность концепций экосистемных услуг и экологической инфраструктуры заключается общая, а именно в оценки, управлении, организации природных процессов протекающими в биосфере с выгодой для человека [18]. Разница между ними в том, что экосистмные услуги акцентирует объект исследования на природных экосистемах, в свою очередь концепция зеленой инфраструктуры на антропогенных геосистемах – урбанизированных территорий. Соответственно применение данных концепций для изучения экологических функций урбанизированных территорий можно применить методологию в виде оценки экосистемныхуслуг зеленой инфраструктуры урбанизированных территорий.

Объединение подходов и методологий исследования экосистемных услуг и зеленой инфраструктуры позволяет осуществлять изучение зеленых насаждений и городских лесов города с позиции социального и индивидуального здоровья населения. Соблюдение санитарно-гигиенических и градостроительных норм это по сути является нормированием обеспечения качественной городской средой населения, что есть нормативная база для исследования и оценки экологических функций зленой инфраструктуры урбанизированных территорий. Таким образом объединение двух подходов позволяет объективно оценивать «зеленые» пространства городской среды.

В теоретическом плане исследование экологических функции зеленой инфрастурктуры опирается на труды зарубежных, российских и украинских ученых по проблеме экологии и рационального природопользования, таких как: Морозова А.М., Дебелая И.Д., Душкова Д.О., Городков А.В., Пивкин В.М., Реймерс, Н. Ф., Кочуров, Б. И., и др. В практическом плане исходной базой данных служат сайты Городских округов, где производится исследовательская работа с Генплано, а также материала правительственного сайта в котором указаны реестр парков, скверов и садов Российской Федерации. Также используется онлайн сервис «Публичная кадастровая карта» для определения внутрирайонных единиц территориального деления. Для создания картографического материала также применяется онлайн сервис LandViewerс которого загружаются спутниковые снимки исследуемой территории. Для выполнения расчетов и анализа пространственных данных используется программа QGis, или другие ГИС. Для определения площади муниципальных и кадастровых кварталов городов используется открытие данные из онлайн сервиса «Публичная кадастровая карта», проводится оцифровка в программе QGis муниципальных и кадастровых границ. Соответственно площади оцифрованных полигонов соответствовали реальной площади муниципальных и кадастровых границ.

Урбанизированные территории — это приоритетные земельные участки для разработки системы организации и управления зеленой инфраструктурой, обеспечивающие устойчивое развитие города и составляющих его кварталов в долгосрочной перспективе. Полученная экологическая оценка может стать важным информационно-методическим инструментом в процессе принятия управленческих решений при организации территориального планирования, оптимизации и управлении зеленой инфраструктурой в целом.

Литература

1. *Thierfelder H.* Leader Programme for Ecosystem and Environmental Protection. Senate Department for Urban Development and the Environment of Berlin, Department of Urban and Open Space Planning. Interviewon 4th June 2014. Berlin, 2014.
2. The Economics of Ecosystems & Biodiversity // TEEB; ICLEI Local Government for Sustainability; IUCN; CBD – Progress Press 2010 //
3. The Value of Green Infrastructure. A Guide to Recognizing its Economic, Environmental and Social Benefits. CNT. CenterforNeighbourhoodTechnologyandAmericanRivers, 2010.
4. *Haines-Young, R. and Potschin, M.* (2013): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012.
5. *Lin C.M., Lenschner W.A. Burkhart H.E., Steigner de J.E.*// J. EnvironmentManag. 1990. V. 30. № 4. P. 337-351.
6. *Haase D., Schwarz N., Strohbach M., et al.* Synergies, Trade-Offs, and Losses of Ecosystem Services in Urban Regions: an Integrated Multiscale Framework Applied to the Leipzig-Halle Region, Germany. EcologyandSociety, 2012, vol. 17 (3), pp.22-29. 25.
7. *Benedict, M. A.* Green Infrastructure Smart Conservation for the 21st Century / Mark A. Benedict, Edward McMahone. – Washington, D. C.: Island Press, 2006. – 303 s.
8. GREEN INFRASTRUCTURE HANDBOOK – CONCEPTUAL AND THEORETICAL BACKGROUND, TERMS AND DEFINITIONS // First Output (O.T1.1) within the framework of the Interreg Central Europe Project MaGICLandscapes – Managing Green Infrastructure in Central European Landscapes, Dresden - 2019, 181 p.
9. *Andrea Ghermandi, Jeroen C. J. M. van den Bergh, Luke M. Brander*, Values of natural and human-made wetlands: A meta-analysis - WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 46, W12516
10. *Тетиор, А. Н.* Экологическая инфраструктура / А. Н. Тетиор. – М.: МГУП, 2014. – 370 с. 9.
11. Экологическая инфраструктура: учеб. пособие / И. О. Лысенко, С. В. Окрут, Т. Г. Зеленская [и др.]. – Ставрополь: АГРУС, 2013. – 120 с.
12. *Тятенкова, Н.Н.* Экология человека: социально-демографические Т 99 аспекты: учебное пособие /Н.Н. Тятенкова; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль:ЯрГУ, 2008. – 128 с.
13. *Розенберг А.Г.* Истоки современной истории экосистемных услуг // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. №1
14. *Пузаченко Ю.Г.* Общие основание концепции устойчивого развития и экосистемных услуг // Известия РАН Серия Географическая 2012, №3 Известия РАН. Серия Географическая, 2012, № 3 – С. 24-41
15. *Поршакова А.Н.* Благоустройство и озеленение населенных пунктов: учеб. пособие / А.Н. Поршакова, М.С. Акимова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 156 с.
16. *Ощепкова А. З.* Экологическая инфраструктура: реальность, требующая осмысления / А. З. Ощепкова, В. А. Столбов // Проблемы и перспективы географических исследований: юбил. сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2001. – С. 70–84.
17. *Неверова, О.А.* Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты / О.А. Неверова. Е.Ю. Колмогорова. – Новосибирск: Наука, 2003. – 222 с.
18. *Завальнюк, И. В.* Экологическая инфраструктура как необходимая составляющая рационального природопользования (на примере равнинного Крыма) / И. В. Завальнюк // География на рубеже веков: проблемы рационального развития: материалы Междунар. науч. конф. – Курск : Изд-во Кур. ун-та, 1999. – С. 14–15.
19. *Городков, А. В.* Эколого-градостроительные аспекты оптимизации системы средозащитного озеленения крупных городов / А. В. Городков // Изв. вузов. Строительство. – 2000. – № 5. – С.98.
20. *Бобылев С.Н., Перелет Р.А., Соловьева С.В.* Оценка и внедрение системы платежей за экосистемные услуги на особо охраняемых природных территориях. – Волгоград: Программа развития ООН, ГЭФ, 2012. С. 25–33.
21. *Бобылев С.Н., Захаров В.М.* Экосистемные услуги и экономика. М.: ООО “Типография ЛЕВКО”, Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 72 с.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАПЫ СОЛЯНЫХ ОЗЁР КРЫМА

Матюнина В.А.

Санкт-Петербургский государственный университет

vikam2566@gmail.com

Крымский полуостров чрезвычайно богат гидроминеральными ресурсами, к которым относятся подземные воды, рапа и грязь соляных озёр и грязевых вулканов. На полуострове с древних времен существовали многочисленные грязелечебницы. На рубеже 18–19 веков в Крыму работало 11 грязелечебниц, в таких городах как Саки, Евпатория, Севастополь, Балаклава, на озере Чокрак, в Керчи и др. Рапа и грязь соляных озёр и вулканов является ценным бальнеологическим ресурсом, поэтому важно изучение их гидрохимического состава, а также его воздействие на организм человека. В данной работе рассмотрены данные гидрохимического состава рапы соляных озёр, а также выявлены некоторые закономерности его формирования.

Соляные озёра образовались в четвертичное время, имеют морское и континентальное происхождение. В рамках исследования, проводившегося во время летней практики для написания ВКР, были изучены соляные озёра Евпаторийской и Керченской групп, имеющие морское происхождение. Однако, в Керченской группе содержатся озёра, имеющие континентальное происхождение, например, озеро Марфовка образовано на месте потухшего грязевого вулкана.

Проанализированы данные химического состава рапы соляных озёр и некоторых близлежащих водных объектов, полученные в ходе собственных исследований, а также использованы данные с кафедры гидрогеологии СПбГУ за 2013 год. Были рассмотрены такие озера как: Саки, Сасык-Сиваш, Солёное, Кояшское, Чокракское по данным 2019 года; Саки, Сасык-Сиваш, Ерофеевское, Аджиголь, Тобечик, Кояшское, Чокракское, Мойнакское, Ачи по данным 2013 года. Гидрохимический анализ
макрокомпонентов выполнялся в полевой лаборатории на базе СПбГУ в д. Трудолюбовке и в гидрохимической лаборатории кафедры гидрогеологии СПбГУ. В химической лаборатории РГПУ им. А.И. Герцена был проведён анализ плотности рапы. В РЦ СПбГУ «Рентгенодифракционные методы исследования» сделан изотопный состав рапы.

Минерализация озёрной рапы варьирует в пределах 197–342 г/л. Значения pH изменяются от 7,5 до 8,6. Содержание иона хлора варьирует в пределах 60–90%, суммарное содержание Na^+ и K^+ варьирует в пределах 60–90%. Прослеживается следующая закономерность относительно концентрации макрокомпонентов: для анионного состава $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3$; для катионного состава $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$. Ион натрия и хлорид-ион имеют высокую корреляционную связь со значением минерализации
рапы. Жесткость формируется в основном за счет ионов магния, ионы кальция находятся в подчиненном значении. По преобладающим компонентам озёрная рапа в основном относится к $Cl–SO_4/Na–Mg$ типу. По классификации Сулина – к хлор- магниевому типу. По классификации Курнакова-Валяшко рассмотренные соляные озера относятся к хлоридно-магниевому подтипу сульфатного типа.

Также был произведен расчет гипотетических солей и рассчитаны коэффициенты метаморфизации. Преобладающими солями в большинстве озёр являются хлориды натрия и магния, а также сульфаты магния. Значительных вклад в питание озёр вносит морская вода, фильтрующаяся через пересыпь, остальную часть составляют питание за счет подземных вод и инфильтрация атмосферных осадков. Озера Евпаторийской группы обеднены хлоридами натрия по сравнению с озерами Керченской группы. Это может быть связано с тем, что из них велась активная добыча соли для хозяйственных нужд, которая продолжается до сих пор. Содержание NaCl в озёрах Евпаторийской группы варьирует в пределах 12,2–15,3 вес.%, в озерах Керченской группы – 16,5–21,3 вес.%. Согласно графикам, построенным графикам содержание гипотетических солей коррелирует с плотностью рапы. Изменение плотности напрямую связано с процессами упаривания и увлажнения водоема в зависимости от климатических условий сезона. Содержание NaCl во всех озерах имеет тенденцию понижения при увеличении плотности рапы. Это может быть связано с тем, что NaCl начинает активно выпадать в осадок, тем самым его содержание в рапе уменьшается. Содержание солей $MgSO_4$ и $MgCl_2$, напротив, увеличивается с ростом плотности.

Для проб 2019 года рапы соляных озер был произведен расчет коэффициентов метаморфизации. Все рассмотренные озёра относятся к первому классу по Курнакову, это указывает на их морское происхождение. Коэффициенты метаморфизации рапы варьируют в пределах 0,49–1,34. В сравнении с литературными данными за последние 100 лет наблюдается тенденция к увеличению коэффициента метаморфизации, что может быть связано с распреснением озер, обильным вкладом подземных вод, обогащенных сульфатами.

Формирование химического состава рапы соляных озёр идет в течение большого промежутка времени. Основными факторами, определяющими формирование, являются физико-географические, геолого-гидрогеологические, биологические условия, а также протекающие в водоемах процессы метаморфизации. При прямом процессе сначала происходит потеря наименее устойчивых анионов, затем наиболее устойчивых ($CO^{3-} \rightarrow HCO^{3-} \rightarrow SO_4^{2-}$), что в дальнейшем приводит к переходу озера от сульфатного типа к хлоридному. Метаморфизация идет медленно на протяжении долгого промежутка времени и зависит от интенсивности питания водоема, от степени различия в составе водоема и питающих вод. Изменение состава озер происходит за счет привноса солей подземными и поверхностными водами. Также скорость метаморфизации зависит от скорости изменения минерализации водоема. Чем медленней увеличивается минерализация, тем больше влияние метаморфизации на состав озера.

Автор выражает благодарность РЦ СПбГУ «Рентгенодифракционные методы исследования», в котором был сделан изотопный состав рапы соляных озёр, а также других природных вод Крыма.

ОЦЕНКА НЕФТЕГАЗОМАТЕРИНСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВАНАВАРСКОЙ СВИТЫ НИЖНЕГО ВЕНДА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Махнутина М.Л., Сивкова Е.Д., Сауткин Р.С., Ступакова А.В.

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

m.mahnutina@oilmsu.ru

Непский горизонт часто рассматривается только в качестве резервуара для нефтей, образованных в рифейских нефтематеринских толщах. Но среди отложений непского горизонта найдены и толщи, обладающие нефтегазоматеринскими свойствами [2]. Наибольший нефтегазоматеринский потенциал характерен для пород ванаварской свиты, распространенных в центральной части Сибирской платформы.

Во время накопления ванаварской свиты происходит постепенная смена условий осадконакопления от континентальных к мелководноморским. На всей площади распространения свита подразделяется на две части. Нижняя подсвита, накапливавшаяся преимущественно в континентальных обстановках, в основном сложена пластами песчаников, разделенными глинистыми перемычками. Верхняя подсвита, образовавшаяся в более спокойной гидродинамической среде, представляет собой постепенный переход от алеврито-песчаных отложений через глинисто-алеврито-песчаные к преимущественно глинистым [5]. Общая мощность свиты достигает 140 метров на юге распространения в Присаяно-Енисейской синеклизе, к северу мощность сокращается до полного исчезновения. Общая мощность нефтегазоматеринских толщ в пределах ванаварской свиты составляет 5–30 м [2].

Оценка нефтегазоматеринского потенциала основывается на определении количества органического вещества (ОВ), его типа и зрелости по данным пиролиза. Содержание ОВ определяется параметром TOC (total organic carbon или Сорг) и параметром S1+S2, характеризующим содержание уже сгенерированных и потенциально генерируемых УВ. Водородный индекс HI=(S2/TOC)×100 коррелирует с атомарным отношением водород/углерод, что позволяет определять тип исследуемого ОВ. Оценка зрелости производится на основании температуры максимального испарения керогена (S2) – Tmax.

Для ванаварской свиты, согласно результатам анализа параметров S1+S2 и TOC, генерационный потенциал определен как высокий и удовлетворительный. Высокий потенциал относится к районам Катангской седловины и южной части Курейской синеклизы. А в пределах Байкитской антеклизы привнос кластического материала с палеосуши, находящейся в непское время на севере Байкитской антеклизы, сильно уменьшает концентрацию Сорг [7].

Для оценки типа и зрелости ОВ была построена модифицированная диаграмма Ван-Кревелена в осях HI-Tmax, причем мы изначально исключаем из рассмотрения те пробы, в которых значение S2 ниже 1, так как в этих пробах из-за сглаженности пика на пирограмме возможно неправильное определение Tmax [6]. ОВ ванаварской свиты по своим свойствам

близко ко II, гумусово-сапропелевому, типу, однако согласно градации катагенетической зрелости большая часть проб в районах Катангской седловины и Байкитской, Непско-Ботуобинской антеклиз соответствует незрелому ОВ (Tmax<435 ^{0}C).

Низкая зрелость ОВ объясняется особенностями тектонического развития Катангской седловины. Согласно исследованиям Т.К. Баженовой [2], действие вендского очага нефтегазообразования (ОНГО) в пределах Катангской седловины было прерывистым. Осадконакопление в венде – раннем палеозое происходило в условиях компенсированного прогибания. Начало эмиграции УВ приходится на Є12 (граница ПК2/ПК3, палеоглубина 1 км). К началу девона происходит инверсия вертикальных движений земной коры, начинают размываться накопленные отложения силура и ордовика. Термобарические условия ванаварской толщи становятся неблагоприятными для продолжения генерации углеводородных флюидов. Второй этап погружения начинается в раннепермское время. Эмиграция УВ возобновляется в средней перми и продолжается до конца раннего триаса, что соответствует окончанию интенсивного осадконакопления и погружения территории. В настоящее время кровля ванаварской свиты в сводовой части Собинско-Тэтэрского выступа находится на глубине порядка 1.8 км. Сочетание разнонаправленных вертикальных движений в истории развития катангского ОНГО, вероятно, препятствует установлению благоприятных условий для масштабной генерации УВ.

В пределах Курейской синеклизы даже в случае перерывов осадконакопления «работа» ОНГО не прерывалась. Начало генерации и эмиграции для ванаварской толщи соответствует среднему кембрию. А к концу раннего девона толща проходит главную зону нефтеобразования (ГЗН) и входит в главную зону газообразования (ГЗГ). Поэтому в центральных и южных частях Курейской синеклизы можно предполагать наиболее благоприятные условия для генерации углеводородных флюидов.

Обращают на себя внимание повышенные значения Tmax в сводовых частях Байкитской антеклизы. Что связано с расположением скважин в районах развития разрывных нарушений. Аналогично к разломным зонам приурочены и некоторые повышенные значения зрелости в пределах восточной и центральной частей Катангской седловины. Повышение зрелости может быть вызвано как интенсификацией интрузивного магматизма в зоне разлома, так и проявлением динамокатагенеза, связанного с влиянием механической напряженности на катагенетическую преобразованность: параметр Tmax растет по направлению к разлому и резко падает в приразломной зоне (1м), затем резко возрастает в зоне разлома [1]. Однако эти изменения весьма локальны (первые десятки метров) и не являются первостепенными факторами созревания НГМТ.

Таким образом, ванаварская НГМТ представлена темноцветными аргиллитами суммарной мощностью 5–30 м, содержащими ОВ II типа, со средней концентрацией Сорг 0.25–0.8%. Зоны с повышенным генерационным потенциалом соответствуют Катангской седловине и прилегающей части Непско-Ботуобинской антеклизы, южной части Курейской синеклизы. Зрелость ОВ в пределах большей части Катангской седловины недостаточна для его масштабной трансформаци, а в Курейской синеклизе породы ванаварской свиты достигают ГЗН и переходят в ГЗГ. Получается, что в менее погруженных южной и центральной частях Курейской синеклизы для пород ванаварской свиты сочетается

повышенное содержание Сорг, высокий генерационный потенциал и зрелость, достаточная для генерации УВ.

Литература

1. *Астахов С.М.* Физическое моделирование флюидообразования в нефтегазоматеринских породах и математическое моделирование нефтегазонакопления в осадочных бассейнах: дис. д.г.-м.н. Ростов-на-Дону, 2018.
2. *Баженова Т.К., Дахнова М.В., Жеглова Т.П.* Нефтематеринские формации, нефти и газы докембрия и нижнего-среднего кембрия Сибирской платформы. Под ред. А.И. Варламова, А.П. Афанасенкова. М.: ВНИГНИ, 2014. 128 с.
3. *Козлова Е.В., Фадеева Н.П. и др.* Технология исследования геохимических параметров органического вещества керогенонасыщенных отложений (на примере баженовской свиты, Западная Сибирь). Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 4. Геология. 2015. № 5. – С. 44–53.
4. *Мельников Н.В.* Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. (Стратиграфия, история развития). Изд. 2-е, доп. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018. – С. 12–20.
5. *Сивкова Е.Д., Сауткин Р.С., Коробова Н.И.* Выявление зависимостей изменения мощностей и свойств отложений ванаварской свиты в зоне сочленения Байкитской антеклизы и Катангской седловины // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. — 2018. — Т. 4, № 1. — С. 175–180.
6. *Сивкова Е.Д., Ступакова А.В., Сауткин Р.С.* Оценка генерационного потенциала непского горизонта нижнего венда центральной части Восточно-Сибирского НГБ // Сборник тезисов докладов 7-х Кудрявцевских Чтений. — Электронный каталог. — Москва, 2019.
7. *Ступакова А.В., Хведчук И.И., Сауткин Р.С., Коробова Н.И., Сивкова Е.Д.* Переформирование залежей в древних нефтегазоносных бассейнах (на примере залежей восточного склона Байкитской антеклизы Сибирской платформы) // Георесурсы. – 2019. – Т.21. №2. С. 31-41.

ВУЛКАНОПОДОБНЫЕ ФЛЮИДОГЕННЫЕ БУГРЫ – ИНДИКАТОРЫ СУБАКВАЛЬНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ГАЗА

Миронюк С.Г.

Центр анализа сейсмических данных МГУ имени М. В. Ломоносова
mironyuksg@gmail.com

Развитие высокоточной площадной батиметрической съемки, наблюдения с помощью ТНПА и обитаемых подводных аппаратов привело к массовому выявлению признаков разгрузки флюидов на морском дне. Обнаружено, что в очагах разгрузки флюидов развиты, помимо хорошо изученных грязевых вулканов, специфические положительные и отрицательные формы микрорельефа. Проявления грязевого вулканизма уже давно рассматриваются в качестве важных критериев нефтегазоносности недр. Положительные флюидогенные формы меньших размеров, т. н. «вулканоподобные бугры», в указанном качестве изучены еще недостаточно.

В качестве подводных признаков нефте-и газоносности осадочного чехла в ряде работ рассматриваются «приповерхностные грязевые вулканы», асфальтовые бугры, а также формы рельефа, получившие название «вулканоподобные бугры» [1-3]. Последние обнаружены и в отдельных морях РФ. Конусы классических грязевых вулканов, как известно, сложены сопочной брекчией. Однако, как показали, недавние исследования [4,5], в том числе и наши [6], конусы амагматических образований, в зависимости от состава восходящих инъекционных потоков, могут быть сложены песком, супесью, суглинком. В этой связи В.П. Исаев., А.Т. Корольков [5] предлагают именовать такие формы рельефа в Прибайкалье, образованные выбросами газа и песчаных частиц, газокластитовыми или газопсаммитовыми вулканами.

Интересно отметить, что обширные участки развития песчаных отложений среди поля илов были обнаружены и на шельфе моря Лаптевых в районе интенсивных газовыделений [7]. Кроме того, здесь, в пределах очага разгрузки флюида, наблюдается увеличение содержания взвеси в придонном слое воды по сравнению с концентрацией взвеси в водной толще прилегающих участков.

Следует добавить, что в высокосейсмических областях песчаные вулканы могут возникать при сильных землетрясениях [8]. Отмечается, что сейсмовулканоиды (песчаные вулканы) возникающие под действием гидравлических ударов, образуют конусы высотой до 15 м.

Нами флюидогенные формы рельефа, включая вулканоподобные бугры, были детально изучены на северо-восточном шельфе Охотского моря. Основными методами изучения микроформ рельефа являлись: многолучевое эхолотирование (МЛЭ) с помощью современных цифровых эхолотов типа Reson SeaBat T-20P, SIMRAD EK-500, Imagenex Delta-T и др., а также высокочастотная гидролокация бокового обзора (ГЛБО), позволяющая получить акустическое отображение (сонограммы) морского дна, в т. ч. числе микроформ рельефа.

Здесь, в северо-восточной части присахалинского шельфа, широко распространены субвертикальные каналы миграции флюидов, повсеместно присутствуют одиночные

покмарки и их скопления, нередко приуроченные к участкам морского дна, расположенных непосредственно над месторождениями углеводородов. Кроме того, на площади Киринского месторождения, помимо многочисленных покмарок, обнаружен «вулканоподобный бугор».

Киринское газоконденсатное месторождение расположено на северо-восточном шельфе о. Сахалин на расстоянии 28 км от берега, где глубина моря составляет 85–90 м. Залежи газоконденсата приурочены к песчаным пластам дагинского горизонта (средний – нижний миоцен). Киринская антиклинальная складка представляет собой достаточно узкую линейную структуру субмеридионального простирания длиной 11 км и шириной около 2 км. Складка асимметрична, западное крыло антиклинали круче и короче восточного. Структура осложнена разрывными нарушениями преимущественно северо-восточного простирания. По геологическим условиям газоконденсатная залежь разделена на три участка: северный, центральный и южный. Центральная часть месторождения характеризуется максимальной эффективной газонасыщенной толщиной пласта. И именно над этой частью Киринской структуры в перекрывающих залежь породах отчетливо выделяется «газовая труба» (субвертикальный канал миграции газа), приуроченная к сбросу [6]. По данным сейсморазведки высокого разрешения (СВР) в «околотрубном» массиве прослеживаются три зоны повышенных амплитуд (газовые карманы) на глубинах, соответственно, 113–125 м, 151–158 м и 206–220 м. Газовые карманы приурочены к четвертичным (преимущественно к пескам, супесям, прослоям гравийно-галечных отложений) и пескам (слаболитифицированным песчаникам) нутовской свиты неогена (N_{1-2} nt).

Выход напорного потока флюида на описываемой площади, содержащего глинистый материал, привел к образованию на поверхности дна непосредственно над «газовой трубой» пологого бугра размером 600×400 м и высотой до 1,5–2 м, сложенного, в отличие от окружающих его песчаных отложений, супесью. Бугор имеют овальную форму, слегка вытянут в ЮЮЗ−ССВ направлении (195°–15°). На бугре и на прилегающей к нему площади морского дна наблюдается наибольшее для рассматриваемого месторождения скопление покмарок глубиной до 50 см и диаметром 2–9 м. Данные непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП) свидетельствует о разгрузке газа в водную толщу. Следующий пример развития флюидогенных бугров относится к арктическому шельфу.

Здесь, в Карском море, в пределах Ямало-Гыданского мелководья на границе с Русановской террасой, на одной из перспективных на поиски залежей углеводородов площади, было зафиксировано большое количество изометричных и конусовидных возвышенностей шириной от 5 до 235 м, расположенных хаотически на субгоризонтальном участке морского дна и «венчающих» «газовые трубы». Высота одного из наиболее крупных конусовидных бугров достигает 10 м. Бугры меньших размеров имеют сложную изометричую форму, высота их составляет первые метры, ширина – в среднем около 30 м. Они аналогичны флюидогенной форме, описанной выше в Охотском море, и относятся к вулканоподобным структурам, распространенным в районах морских газопроявлений.

Таким образом, «вулканоподобные бугры», наряду с покмарками, можно считать надежным прогностическим признаком газовых залежей. Таковыми не являются

сейсмовулканоиды, у которых на временных разрезах не прослеживаются подводящие «газовые трубы».

Литература

1. *Judd A., Hovland M.* Seabed Fluid Flow. The Impact on Geology, Biology, and the Marine Environment. Cambridge University Press, 2007. 475 p.
2. *Хант Дж. М.* Геохимия и геология нефти и газа. М.; Мир. 1982. 706 с.
3. *Sieck, H. C.* Gas charged sediment cones pose a possible hazard to offshore drilling//Oil and Gas J., 1973, July 16, pp. 148-163.
4. *Исаев В.П.* «Грязевые» вулканы впадин Байкальской рифтовой системы//Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. Сборник научных трудов. Иркутск, 2007. С. 133-137.
5. *Исаев В.П., Корольков А.Т.* Грязевые вулканы озера Байкал и Прибайкалья//Сборник материалов 4-ой Международной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2019», г. Севастополь 03-06 июля 2019 г. М. Издательство Перо, 2019. С. 57-59. (Электронное издание).
6. *Миронюк С. Г., Иванова А. М., Скворцов С. В.* Геологические опасности на северо-восточном шельфе о. Сахалин (район обустройства Киринского месторождения) // Геология морей и океанов: материалы XIX Международной науч. конф. (Школы) по морской геологии (Москва, 14-18 нояб. 2011 г.). М., 2011. Т. V. С. 139-143.
7. *Дударев О. В.* Современный литоморфогенез на восточно-арктическом шельфе России. Автореферат дисс.… докт. геол.-минерал. наук. Владивосток, 2016. 49 с.
8. *Максимович Г. А.* О грязевых вулканах, образующихся при землетрясениях. http://nsi.psu.ru/cave/bibl/123_1953.pdf

ДЕТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ФИНСКОГО ЗАЛИВА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

Модин И.Н.[1] Богданов М.И.[2] Скобелев А.Д.[1]

[1]Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
[2]ООО «ИГИИС», Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве

imodin@yandex.ru

На участке исследований выполнены комплексные геолого-геофизические исследования, которые включали электротомографию, сейсморазведку МПВ и геологическое бурение. По результатам электротомографии установлено, что верхняя часть гранитов в указанном районе является крайне неоднородной. До глубины 10–20 м наблюдается неоднородный слой трещиноватых гранитов. Примерно 50% разреза до глубины 30 м представлено массивными слаботрещиноватыми гранитоидами. На глубине от 10 до 30 м встречаются глубинные проводники, имеющие низкие электрические сопротивления, соизмеримые с сопротивлением глин и суглинков. На границе между блоками массивных гранитов наблюдаются узкие локальные проводящие зоны, которые возможно являются зонами тектонических нарушений.

КАРТИРОВАНИЕ ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ, КАРСТА И ДРЕВНЕГО ВЫВЕТРИВАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ И СЕЙСМОРАЗВЕДКИ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Модин И.Н., Приходько А.Д., Скобелев А.Д.

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

В результате геофизических исследований выявлены и отчасти подтверждены следующие основные закономерности:

I. В целом на всей изучаемой территории можно выделить 5 комплексов пород:

1) Породы четвертичного возраста. Первый тип этих отложений – заполняют тальвеги оврагов и днище долины реки. Второй тип четвертичных отложений приурочен к болотным отложениям.

2) Второй комплекс пород – это грунты укугутской свиты, которые покрывают 60-70% всей территории участка, образуя практически сплошной шлейф отложений мощностью до 3–4 м, состоящий, как правило, из суглинков и супесей. Плащ укугутских отложений на обследованной геофизикой территории образовался в спокойных и однотипных условиях. На большинстве профилей электротомографии этот слой прослеживается как хорошо выдержанный по сопротивлениям и мощностям. Если первый слой изменчив, то, как правило, это свидетельствует о развитии коры выветривания (Є*ed* позднекембрийского возраста).

3) Третий комплекс – кора выветривания пород кембрийского возраста. Этот комплекс проявляется как некоторый градиентный по электрическим и акустическим свойствам слой – слой перехода от проводящих пород к высокоомным и от очень низкоскоростных к высокоскоростным. Мощность этого слоя по профилям электротомографии сильно варьируется от нуля до 10–15 метров. При этом в большинстве случаев этот слой проявляется как тонкий шлейф мощностью 3–4 м, но местами проявляется в виде «карманов», в которых его мощность увеличивается до 10 и более метров. Горизонтальные размеры таких «карманов» составляют порядка 20–30 м, при этом их большая часть приурочена к верхоленско-илгинской свите, а точнее – к наиболее пестрой по литологическому составу толще. Расстояние между этими карманами составляет от 50 до 100 м. При этом нужно учитывать, что прочностные свойства этого слоя выветривания меняются по мере углубления, что по описанию разведочных скважин связано с увеличением щебенистого и глыбового материала вглубь по разрезу и уменьшением суглинистого цемента. В пределах этого слоя происходит постепенный переход от суглинков к скальному грунту. Кроме этого, необходимо отметить, что в летнее время слой выветривания в большинстве случаев находится в талом состоянии. В ряде случаев кора выветривания развивается на спадающих крыльях литвинцевских антиклиналей. При этом в ядрах антиклинальных складок, выполненных породами литвинцевской свиты, кора выветривания практически не встречается, поскольку достоверные выходы пород литвинцевской свиты на дневную поверхность всегда связаны с положительными формами рельефа, которые характеризуются высокопрочными

породами. Кора выветривания по породам литвинцевской свиты развивается крайне неравномерно: зоны развития коры выветривания очень часто перемежаются с зонами прочных известняков, выходящих на поверхность земли.

4) Четвертый комплекс пород – породы верхоленско-илгинской свиты. Породы этой свиты по площади занимают большую часть района исследования. Как правило, они залегают под плащом юрских отложений укугутской свиты, поэтому в большинстве случаев не проявляются на поверхности земли и могут быть изучены только с помощью геофизики и бурения. Осложняющим фактором являются процессы выветривания и увеличения трещиноватости, а также развития карста. По нашему мнению, первая толща представлена сравнительно проводящими грунтами, которые, вероятно, представлены мергелями, алевролитами и аргиллитами.

5) Пятый комплекс пород представлен породами литвинцевской свиты. Геоморфологически они выражены в виде хребтиков длиной от 500 м до нескольких километров. Удельное электрическое сопротивление пород этой свиты имеет самые высокие значения, достигая 5000–8000 Ом•м. Литологически породы литвинцевской свиты представлены прочными известняками и доломитами, имеющими высокое удельное электрическое сопротивление и продольные и поперечные скорости. В основном, эти карбонаты представлены скальным грунтом, который выходит на дневную поверхность. Ширина этих выходов составляет как минимум 300–500 м. Вероятно, зоны выветривания и гипергенных процессов удалены процессами денудации и практически не наблюдаются.

II. По результатам бурения установлено, что 50–60% исследуемой территории покрыто мерзлыми грунтами. При сопротивлении воды приповерхностных грунтовых вод порядка 35–40 Ом•м мерзлые суглинки и аргиллиты при температурах порядка -0,5^{o} должны иметь УЭС около 100-300 Ом•м, что мы и наблюдаем при подтверждении бурением данных электроразведки.

С помощью геофизических методов установлено, что кроме «региональных» разломов, выявленных при геологической съемке 1:50000 в конце 70-х начале 80-х годов прошлого века, с помощью геофизики обнаружено множество мелких разломов размером до 5–7 км. Степень сохранности кембрийских известняков зависит от близости «региональных» разломов. По древней коре выветривания активно развиваются мерзлотные процессы. Вокруг тектонических нарушений развиваются зоны повышенной трещиноватости.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Моисеева Ю.А., Пургина Д.В., Ворожейкина Е.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

jamoiseeva@mail.ru

В настоящее время, с точки зрения актуальности и важности, в спектре геохимических знаний, фундаментальное значение имеет постоянство химического состава морской воды – геохимическая константа планеты Земля [2]. При этом стремительно-растущий на сегодняшний день интерес к научным исследованиям в Арктике связан как с увеличением эксплуатации природных ресурсов данного региона, так и острой изменчивостью климатической системы.

В данном исследовании, направленном на изучение свойств и формирование элементного состава арктических морей, были исследованы характер распределения концентрации химических элементов в поверхностных водах Белого, Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей. Данные по макро и микрокомпонентному составу поверхностных вод были получены в один временной интервал (сентябрь-октябрь 2019 г.) в ходе экспедиции на НИС «Академик Мстислав Келдыш» (рейс АМК-78). В рамках данного исследования по всем морям отобрано более 40 поверхностных проб воды.

Химический состав морей и океанов является результатом процессов миграции и трансформации вещества на биогеохимических барьерах река-море, океан-атмосфера и вода-дно. Как известно, арктические моря имеют самый большой в Мировом океане материковый сток (2340 км^3/год). Под воздействием речного стока соотношения между солевыми компонентами в водах арктических морей могут заметно отличаться от установленных для Мирового океана. Невозможность, практического отображения процесса распределения веществ в морской воде, требует обобщение геохимического знания, использование интегральных характеристик для исследования нахождения совокупных закономерностей формирования элементного состава воды морей российской Арктики.

Соленость исследуемых морских вод изменялась в пределах от 14,4 до 34,1 ppm, значения pH 6,34-8,48 в зависимости от отдаленности впадения речных вод. При этом максимальная солёность и минимальная температура наблюдается в проливе Вилькицкого между морями Карским и Лаптевых. Наблюдаемые изменения по солёности до 25 ppm говорят о речных плюмах, где происходит смешение речных и морских вод. На участках с соленостью менее 25 ppm отмечается несколько пониженное относительное содержание $S0^{4-}$ и Mg^{2+}.

Режим биогенных веществ в арктических морях обладает определенным своеобразием. Речной сток служит основным источником кремния для морей Карского, Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского. Именно поэтому максимальные концентрации кремния наблюдаются в прибрежных районах. В целом содержание кремния достигают 1,9–3,6 мкМоль в этих районах. Влияние речного стока на гидрохимический режим морей Карского и Лаптевых прослеживается до их северных границ, о чем

свидетельствует распределение такого индикатора как удельная щелочность – это соотношение щелочности к солёности [1, 3]. Распределение фосфатов характеризуется закономерностями, аналогичными кремнию.

Геохимическая система создана в рамках современных знаний о содержании элементов в океане и речном стоке. Уточнение этих знаний, а также знаний процессов обмена элементами на всех геохимических барьерах гидросферы, приведет к ее развитию и совершенствованию. Уже в настоящее время с ее помощью удалось с большой точностью предсказать величину ежегодной поставки в океан речным стоком в растворенной форме Be, C, N, Ge, Ti, Re, уточнить эту оценку для P, V, Zn, Br, I, определить характер распределения о океане W, Au, U. Роль геохимической системы закрепляет свои позиции, как экологического эталона естественного геохимического состояния гидросферы.

Исследование было выполнено при поддержке Программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета. ВИУ-ОГ-215/2020.

Литература

1. *Смирнов А. А.* Проникновение речных вод в Карское море и море Лаптевых / Труды Арктического Научно- исследовательского института. Л.: Морской транспорт, 1955. Т. 72. Вып. 2. С. 92-104.
2. *Вернадский В. И.* Очерки геохимии. 7-е (4-е русское) издание. М.: Наука, 1983. 422 с.
3. *Маккавеев П. Н.* Влияние материкового стока на гидрохимический режим Карского моря // Экосистема Карского моря — новые данные экспедиционных исследований. Материалы научной конференции. М.: АПР, 2015. С. 50-53.

РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА И УЧЕБНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИКИ В СЕВАСТОПОЛЕ И КРЫМУ

Прыгунова И.Л.[1], Игнатов Е.И.[1,2], Крылов О.В.[1,2], Лубнина Н.В.[2], Каширина Е.С.[1], Пышкин В.Б.[3]

[1] Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г.Севастополь,
irina_prygunova@mail.ru
[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
[3]Таврическая академия КФУ имени М.В. Вернадского

Развитие экологического туризма в нашей стране находится на начальных этапах, хотя корни уважительного отношения к природе, развитие активных видов природоориентированного туризма были заложены в Крыму с конца XIX века,- с времен царских охот, а опыт бережного отношения к природе популяризировался в Советском Союзе среди туристических объединений взрослых и детей.

В начале XXI века экологизация в туризме коснулась практически всех наиболее динамично развивающихся направлений отдыха в мировой и отечественной практике. Это проявилось в повышении интереса к использованию экологически чистой, автохтонной продукции и услуг в местах размещения и повышении спроса на активный отдых в чистой природной среде с познавательными целями.

Уникальные природно-климатические условия, разнообразные геолого-геоморфологические процессы и особенности развития природы в разные геологические эпохи и периоды, наличие обширной прибрежной зоны Черного и Азовского морей, биологическое и ландшафтное разнообразие, богатая мультикультурная и военная история Крымского полуострова привлекательны как для местных жителей, так и приезжающих отдохнуть туристов с разными целями, в том числе, с научными и научно-популярными.

Большой Севастополь (ГФЗ Севастополь, Севастополь в административных границах), обладая богатейшим природным и историко-культурным наследием, сконцентрированном на относительно небольшой территории, известным во всем мире, является городом трех оборон, который активно развивает экологический туризм.

Здесь сохранились места с относительно нетронутой природой, позволяющие организовывать и проводить всевозможные путешествия с целью получить представление о природных и историко-этнографических особенностях Северного Субсредиземноморья. Также здесь находятся крупнейшие в Крыму государственные природные заказники «Байдарский», «Мыс Айя» и другие, сохраненные высокоможжевеловые и пушистодубовые редколесья (шибляки), буковые леса, яйлы и долины Северного и Южного Макросклонов Главной гряды Крымских гор, прибрежные леса, средневековые сады-чаиры, античные водоводы и , знаменитые Предгорья, участки степей и аквальные комплексы у мыса Фиолент, Херсонес, живописные песчаные, песчано-галечные и каменные «дикие пляжи» северо-западной части города и другие. Херсонес Таврический, античный и средневековый экополис, город-государство, часть территории Севастополя, входит в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Пещерные храмы, средневековые башни, Большой Севастополь – уникальный город с неповторимой сельской зоной, виноградорством и виноделием, сыроварением, ягодниками и орешниками,

лекарственными травами, редкими орхидеями и т.п. Сочетание освоенных с античных времен пространств с относительно нетронутыми природными ландшафтами и побережьями, позволяет развивать устойчивый, зеленый, экологический и сельский туризм. Такой регион не мог быть не привлекательным для проведения полевых практик, форумов, школ всевозможных естественно- и общественнонаучных проблематик.

В Крыму базой для развития экологических маршрутов стал Карадагский заповедник, плато Чатыр-Дага, побережье Алушты и другие маршруты. Активным движителем данной проблематики стал Таврический университет, в последующем переименованный в КФУ имени М.В. Вернадского.

В настоящее время, в Большом Севастополе развивается экологический туризм по всем характерным для него четырем направлениям, описанным в мировой практике:

1) *научный экологический туризм* – полевые практики, школы и экспедиции, отечественные и международные, организованные собственными силами ученых, студентов естественных и исторических факультетов, путешествия с целью отдыха и ознакомления с биологическим и ландшафтным разнообразием, уникальными геологическими, геоморфологическими, океанологическими и палеогеографическими особенностями, историей заселения и природопользования Юго-Западного Крыма. Разработчики экомаршрутов и активные участники - университеты Севастополя и Крыма, в том числе и Московский государственный университет с филиалом в Севастополе, научно-исследовательские институты Севастополя, центры развития туризма и краеведения Севастополя и других городов Крыма;

2) *краеведение, европейская модель экологического туризма* – как правило, краткосрочные путешествия школьников, студентов, туристов серебряного века 55+, местных жителей и гостей города в природную среду на принципах взаимоуважения с целью ознакомления с местными природными достопримечательностями и особенностями. Здесь активные участники-жители и гости города, школы и университеты, научно-исследовательские институты, Центр развития туризма г. Севастополь и Центр развития туризма, краеведения детства и юношества г. Севастополя, а также, учителя-энтузиасты, продвигающие принципы экотуризма и организующие краеведческие походы для школьников;

3) *экстремальный экологический туризм,* позволяющий путешественнику не только ознакомиться с сохранившимися «чистыми» уголками природы, но и испытать поведение своего организма в природной среде, не нанося ей урона. Активную роль и позицию по развитию и продвижению экологических принципов в экстремальных видах туризма занял Севастопольский клуб альпинизма, традиции которого передаются от поколения к поколению и в настоящее время, а также школьные секции экстремального туризма, тяготеющие к клубу альпинизма;

4) *экологический туризм в пределах ООПТ (*особоохраняемых природных территориях*)* – путешествие с целью помощи в изучении, наблюдении за динамикой природных компонентов и особенностей биоразнообразия, в том числе, по экологическим учебным тропам. Первые наметки экологических троп в Севастополе были предложены в советское время, благодаря активной деятельности станции детского туризма по развитию массового туризма среди юношества по популяризации пешеходных маршрутов и бережного отношения к природе. Многие севастопольцы прошли эту школу. Кроме того,

по территории Севастополя в советское время проходили два категорийных всесоюзных туристических маршрута в районе Байдарской долины.

Первым опытом организации классической экологической тропы на территории Большого Севастополя, была «Экологическая тропа Атлант-М» (год организации 2007-2008гг) совместный эко-проект Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополя, автомобильного холдинга «Атлант-М» (Россия, Украина, Беларуссия), при поддержке Управления экологии и природных ресурсов г. Севастополя и Севастопольского лесоохотничьего хозяйства. Совместная работа привлекла внимание к проблеме организации экологических троп для перенаправления неорганизованных турпотоков, которые вытаптывали, выжигали и замусоривали уникальные приморские ландшафты. Кроме того, привлекали местных жителей и гостей города стимулировали школьников, студентов, к изучению проблем сохранения природных достопримечательностей южнобережных приморских лесов и аквальных комплексов. Первый отрезок тропы проходил от с. Резервное до Балаклавы, основной частью затрагивая государственный ландшафтный заказник «Мыс Айя». Результатом стала не только организация полотна тропы, но и организация экотуристического клуба Филиала МГУ в городе Севастополе под эгидой ВОО «Русское географическое общества». Помимо экотуристических целей, на тропе проводилась уборка мусора, ознакомление с биоразнообразием и историей природопользования, особенностями охраны уникальных ландшафтов в заказниках, здесь также проводились плэнеры, полевые занятия для студентов (полевые занятия по курсу «Рекреация и заповедное дело», «Ландшафтоведение», «Физическая география материков») и школьников МАН. В дальнейшем, тропа получила свое развитие и на территории государственного ландшафтного заказника «Байдарский», здесь была организована и освоена целая сеть экологических маршрутов. Кроме профильных университетов и школ, экологические маршруты активно используют туристские фирмы Севастополя и Ялты. По экотропе «Атлант-М» работает и Крымбайдартур (с. Орлиное).

В 2015 году, в связи с разработкой национального проекта «Большая Севастопольская тропа» (БСТ) для Севастополя и Крыма, основная часть экотропы «Атлант-М» вошла в городской проект, управление которой в последующем была передана городу, Центру развития туризма г. Севастополя.

Большая часть Большой Севастопольской тропы проходит по особо охраняемым природным территориям ГФЗ Севастополь. Тропа используется для различных учебных целей полевых практик и экскурсий, задач по ландшафтному планированию, апробированию различных географических методов исследования в целях определения влияния различных антропогенных нагрузок на биогеоценозы Так же, с 2015 г. в Балаклаве, при участии преподавателей-энтузиастов Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова были разработаны и запущены водные эко-туристические маршруты – экокаякинг с изучением жизни дельфинов, ознакомлением с особенностями морского биоразнообразия Юго-Западного Крыма, обучением поведению на воде и уборкой мусора в труднодоступных местах побережья. Это маршруты по аквальному заказнику Фиолент, аквальным комплексам мыса Айя (школа каякинга, лекция о морском биоразнообразии и прибрежной зоне, экосубботник – сбор и эвакуация мусора в местах, доступных только с моря).

В 2017 году учеными Херсонеса, также, была предложена эко-туристическая и культурно-оздоровительная «Фиолентовская тропа» (тропа наследия) по прибрежным

ландшафтам Гераклейского полуострова. А в 2015 году в Филиале МГУ на отделении «География» была защищена дипломная работа по развитию троп наследия, сочетающих как природные, так и историко-культурные объекты, и ценности на Гераклейском полуострове.

Безусловно, научный экологический туризм в Крыму и Севастополе для географического и геологического факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова наиболее близок по тематике полевых исследований и развивался в рамках учебных практик. Первые учебные экологические маршруты обсуждались и разрабатывались в учебных целях студентами-географами кафедры социальной экологии и туризма на Учебно-научной базе МГУ имени Ломоносова в пос. Прохладное Бахчисарайского района начиная с 2002 года в рамках ландшафтно-туристической (Прыгунова И.Л., Ларина Т.Г.) и геолого-геоморфологической практик (Лукашов А.А., Прыгунова И.Л.), подчеркивая специфику подготовки студентов по специализации образовательной программы «Социальная экология и туризм». После ознакомления с разнообразными ландшафтами полигона, студенты, базируясь на основных принципах экотуризма, должны были разработать экомаршрут, благоустроить его соответствующими указателями, аншлагами, картой и составить текст экскурсии на русском и английском языках и презентовать его в виде публичной групповой защиты.

Учитывая многолетний опыт и наработку наиболее эффектных для показа геолого-геоморфологических объектов, полученные во время всевозможных учебных и производственных практиках Геологического факультета МГУ по Крыму и ГФЗ Севастополь, при организации полевых выездов и школ в рамках Международной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике, географии 2015–2020» в геологических маршрутах пропагандировались основные принципы уважения и бережного отношения к природным объектам, явлениям и процессам, местным сообществам. Поэтому мы можем, вполне обоснованно причислять маршруты и полевые школы данной конференции к экологическим и популяризировать их среди научных сообществ как научный экологический туризм.

Таким образом, учитывая мировые и отечественные тренды в развитии экологического туризма, дополнительные акценты и новые аспекты применения специальной экологической, географической, геологической и геофизической информации можно рассматривать не только как применение инновационных методов и подходов в научных исследованиях, но и для развития научного направления в экологическом туризме, популяризируя науку и практику и повышая интерес молодых ученых, и расширяя возможности их деятельности в будущем.

МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОН

Пушкарев П.Ю.

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

Доклад посвящён геоэлектрическому строению активных зон тектоносферы, простирающейся до глубины примерно 410 км и делящейся, по составу горных пород, на земную кору и верхнюю мантию, а по реологическим свойствам – на хрупкую литосферу и пластичную астеносферу. Под активными зонами мы понимаем приграничные области литосферных плит, к которым в основном приурочена тектоническая активность (хотя существуют и внутриплитные процессы). Эти границы могут быть дивергентные, на которых образуется литосфера (океанские и континентальные рифты), и конвергентные, где она поглощается на глубине (зоны субдукции на окраинах океанов и коллизии внутри континентов).

Процессы рифтогенеза, субдукции и коллизии сопровождаются перераспределением флюидов между разными глубинами, образованием расплавов и их миграцией вверх. Флюидонасыщенность и плавление горных пород сильно влияют на их удельное электрическое сопротивление (УЭС), что делает электромагнитные зондирования уникальным инструментом изучения глубинного строения тектонически активных зон. Эти исследования, помимо научного, представляют практический интерес, поскольку к этим зонам приурочен высокий тепломассоперенос, формирующий месторождения полезных ископаемых и геотермальных ресурсов, а также сейсмическая и вулканическая активность, в том числе в катастрофических масштабах.

За более чем полвека в мире был выполнен большой объём глубинных геоэлектрических исследований. Они выявили в консолидированной земной коре проводящие аномалии, для объяснения природы которых привлекаются механизмы электронной проводимости (наличие графита, сульфидов) и ионной проводимости (вследствие флюидонасыщенности). В верхней мантии Земли, на фоне постепенного понижения УЭС с глубиной, во многих регионах выделяется проводящий слой, связываемый с частичным плавлением горных пород (астеносфера).

Основным методом исследования глубинного строения тектонически активных зон является метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ), на практике обладающий большей глубинностью, чем методы электромагнитного зондирования с контролируемыми источниками, вследствие ограниченной мощности этих источников.

1. Океанские рифтовые зоны. Срединно-океанический хребет Рейкьянес в северной Атлантике изучался в ходе геофизического эксперимента RAMESSES, в результате был получен фоновый разрез, включающий пористые базальтовые лавы (УЭС 1−10 Ом·м), дайки долеритов (10−100 Ом·м) и интрузивные габбро (> 200 Ом·м) в земной коре, подстилаемые породами верхней мантии (> 500 Ом·м); на оси хребта была выявлена проводящая зона, верхняя часть которой (1−40 Ом·м) связана с насыщением эффузивно-дайкового комплекса термальными водами, а в пределах слоя габбро (2.5−5 Ом·м) – с частичным плавлением горных пород; в верхней мантии на глубинах 50−120 км была также

выявлена проводящая область, связанная с плавлением горных пород. Более детальный разрез верхней мантии был получен над Восточно-Тихоокеанским поднятием, где выделяются три проводящие и связываемые с частичным плавлением вещества структуры на разных глубинах: наиболее крупная и контрастная (УЭС порядка 1 Ом·м) располагается в диапазоне примерно от 20 до 90 км; от неё к поверхности чуть восточнее оси рифта поднимается тонкий проводящий канал; а на глубинах свыше 100 км также имеется проводящая область, расположенная существенно ассиметрично к оси рифта.

2. Зоны субдукции. В Каскадной субдукционной зоне на западном побережье США, изученной в рамках проекта EMSLAB, были выявлены следующие геоэлектрические структуры: (а) погружающаяся океанская плита, включающая низкоомные осадки (УЭС 20 Ом·м), высокоомную литосферу (500−4500 Ом·м) и низкоомную астеносферу (15−30 Ом·м); (б) низкоомный слой в нижней части континентальной коры (УЭС 20 Ом·м, глубины 25−40 км); (в) низкоомная континентальная астеносфера (30 Ом·м, 100−155 км); и (г) низкоомное столбообразное тело (30 Ом·м), соединяющее астеносферу с коровым проводящим слоем. Выделение флюидов здесь, по-видимому, связано с несколькими механизмами: сначала на небольших глубинах (до 10−20 км) под действием возрастающего литостатического давления выделяется свободная вода, содержавшаяся в микротрещинах субдуцируемой плиты; затем на глубинах свыше 30 км и температурах более 400 градусов начинаются реакции дегидратации, приводящие к образованию корового проводящего слоя и вызывающие «мокрое» плавление в астеносфере; проводящие астеносферные расплавы мигрируют вверх, образуя вулканическую дугу Высоких Каскад. Южнее, в зоне субдукции у Никарагуанского побережья, была исследована электрическая анизотропия погружающейся океанской плиты и выявлены следующие закономерности: (1) сопротивление океанской литосферы вкрест структур (спредингового хребта и берега континента) превышает сопротивление вдоль них, что связано с особенностями формирования литосферы в срединно-океаническом хребте; (2) сопротивление океанской астеносферы (в диапазоне глубин примерно 45−65 км) вкрест структур становится ниже, чем вдоль них, что объясняется плавлением вещества на этих глубинах и формированием в нём вытянутых трубкообразных структур в направлении движения плиты, т.е. от хребта к берегу.

3. Континентальные рифтовые зоны. При изучении Байкальской рифтовой зоны магнитотеллурика выступила в роли арбитра между двумя геотектоническими гипотезами (1) «мантийного диапира» в виде узкого ответвления мантии с пластовой апофизой на глубине свыше 40 км и (2) плавного «астеносферного выступа», убедительно свидетельствуя в пользу первой гипотезы. Более поздние и детальные исследования, в том числе со льда озера Байкал, позволили уточнить положение проводящих структур в земной коре и верхней мантии, обусловленных флюидонасыщенностью и частичным плавлением горных пород. При исследовании Восточно-Африканской рифтовой системы на территории Танзании среди высокоомных блоков земной коры были выявлены проводящие молодые вулканогенно-осадочные породы в верхней части рифтовой долины и глубинная область под осью рифта, по-видимому связанная с частичным плавлением вещества, а также проводящая область в стороне от рифта, природа которой может быть связана с флюидизацией и образование электронопроводящих минералов.

4. Зоны коллизии. В пределах горно-складчатого сооружения Тянь-Шаня на фоне высокоомной литосферы выделяются проводящие структуры: осадочные предгорные и межгорные впадины, повсеместно распространённый предположительно флюидонасыщенный слой в средней коре, приуроченные к известным глубинным разломам субвертикальные зоны в верхней коре, связанные с частичным плавлением вещества мантийные структуры в основании разреза. В Гарвальских Гималаях на севере Индии в земной коре на глубинах 20-35 км проявляется яркая проводящая аномалия, приуроченная к области предполагаемого увеличения угла погружения Индостанской плиты, при этом зоны повышенной сейсмичности располагаются выше и ниже корового проводника, который формирует боле пластичную флюидонасыщенную или частично расплавленную зону. На Тибетском нагорье в рамках проекта INDEPTH выявлен слой в средней и нижней коре очень низкого УЭС (от 1 до 10 Ом·м) и большой мощности (порядка 30 км), в пределах которого перестают прослеживаться сейсмические отражения от кровли погружающейся плиты; высокий тепловой поток в Тибете позволяет предположить, что глубинная часть этого проводящего слоя сложена частично расплавленными породами, что обуславливает повышенную пластичность нижней часть земной коры Тибета и способность «течь» под воздействием движущихся тектонических плит. В рамках проекта SinoProbe на территории Китая исследовано юго-восточное замыкание Гималаев и Тибета – Восточно-Гималайский синтаксис (EHS), вокруг которого фиксируется движение земной коры в юго-восточном направлении, с закручиванием по часовой стрелке; здесь выявлены коровые проводящие структуры, вытянутые вкрест направления этого движения, и являющиеся, наподобие рифтов, вероятными источниками распространения расплавов в стороны.

ГЕОМАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ ПРИ ВЫСОКОМАГНИТУДНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Рябова С.А.

ФГБУН Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН

riabovasa@mail.ru

При разработке, а главное, при верификации прогностических признаков землетрясения и моделей его очага является актуальным анализ геофизических эффектов, приуроченных к землетрясениям [1]. Следует отметить, что значительные механические эффекты в очаговой области землетрясения, резкие изменения электрофизических свойств среды, а также другие сопутствующие землетрясению явления, такие, например, как возбуждение мощных сейсмических сигналов, – все это оказывает влияние на режимы геофизических полей, включая геомагнитное [2–4].

В настоящей работе рассматриваются геомагнитные эффекты при мелкофокусных и глубокофокусных высокомагнитудных землетрясениях.

В качестве исходных данных при выполнении настоящих исследований используются данные наблюдений за вариациями магнитного поля Земли, которые находятся в свободном доступе на сайте Международной сети ИНТЕРМАГНЕТ. Кроме того, привлекаются магнитные записи с среднеширотной Геофизической обсерватории "Михнево" Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук (Россия, Московская область, поселок Михнево). Рассматривались вариации магнитного поля при сейсмических событиях, произошедших в разных регионах с магнитудой, превышающей ~ 5. Анализировались события, которые произошли в период, характеризующийся отсутствием значимых проявлений магнитной активности.

Обработка и анализ инструментальных данных свидетельствуют о ярко выраженных вариациях магнитного поля в период землетрясений. При этом отчетливо выделяется короткопериодная составляющая вызванных геомагнитных вариаций с периодом ~ 0,5–0,8 мин, регистрируемая при мелкофокусных высокомагнитудных землетрясениях, и длиннопериодная с периодом ~ 5–20 мин, которая наблюдается (в большинстве случаев) при мелкофокусных и глубокофокусных высокомагнитудных землетрясениях. Общим для всех землетрясений было одновременное появление и схожий характер геомагнитных аномалий вне зависимости от расстояния до очага землетрясений.

Вопрос о механизмах влияния сейсмического события на магнитное поле в настоящее время нельзя считать окончательно решенным. Однако, учитывая малое запаздывание короткопериодных геомагнитных вариаций относительно времени землетрясения, с большой долей вероятности можно предполагать, что эти возмущения вызваны основным толчком [5]. Длиннопериодные вариации, по всей видимости, связаны с возмущениями геофизической среды (атмосферы, ионосферы), возникающими на крайней стадии подготовки очага землетрясения и в процессе сейсмического события [6].

Литература

1. *Киссин И.Г.* О системном подходе в проблеме прогноза землетрясений // Физика Земли. 2013. № 4. С. 145–160.
2. *Рябова С.А.* Геомагнитный эффект сильного землетрясения Тохоку 2011 года // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. Т. 4. С. 137–151.
3. *Собисевич Л.Е., Рогожин Е.А., Собисевич А.Л., Шень То, Лю Цзяо*. Инструментальные наблюдения геомагнитных возмущений перед сейсмическими событиями в отдельных районах КНР // Сейсмические приборы. 2016. Т. 52. № 1. С. 39–60.
4. *Спивак А.А., Рябова С.А*. Геомагнитный эффект землетрясений // Доклады академии наук. 2019. Т. 488. № 2. С. 197–201.
5. *Рябова С.А., Спивак А.А.* Геомагнитные эффекты в приповерхностной зоне Земли. М.: Графитекс. 2019. 150 с.
6. *Гохберг М.Б., Шалимов С.Л.* Воздействие землетрясений и взрывов на ионосферу. М.: Наука, 2008. 295 с.

ОБРАЗОВАНИЯ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ - ГОРНЫЕ ПОРОДЫ?

Сабиров И.А., Постников А.В.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

sabirov.i@gubkin.ru

История изучения кор выветривания достаточно продолжительная и на разных этапах исследований давались разные определения для понимания что такое кора выветривания. На сегодняшний день, в трех энциклопедических источниках даются разные определения для коры выветривания. В геологическом словаре под корой выветривания понимается «геологическое тело, сложенное горными породами, образовавшимися в поверхностной зоне литосферы при выветривании магматических, метаморфических, осадочных пород и осадков» [2]. В петрографическом словаре кора выветривания – «это верхняя часть литосферы с преобразованными в континентальных условиях магматическими, метаморфическими и осадочными горными породами. Формируется под влиянием различных факторов выветривания в зонах фильтрации поверхностных вод» [3]. В Большой Российской Энциклопедии кора выветривания – «это геологическое тело, сложенное остаточными, неперемещенными продуктами выветривания» [4].

Как видно, определения весьма общие и есть различия, однако нет определенного ответа на вопрос, относятся ли эти геологические тела к горным породам. Вопрос весьма незаурядный, так как и для понятия горная порода есть много определений и ни одно из них не раскрывает полноценной сути. В геологическом словаре, горная порода – это «плотный или рыхлый агрегат минеральных веществ (минералов и минералоидов), являющихся продуктом геологических процессов». В петрографическом словаре под определением горной породы понимаются «минеральные агрегаты, обладающие более и менее постоянным составом и структурой». В Большой Российской Энциклопедии горной породой называются «природные моно- и полиминеральные агрегаты, слагающие литосферу Земли в виде самостоятельного геологического тела». Из всех представленных определений есть возможность отнести образования коры выветривания к горным породам, что в свою очередь ставит другую задачу, а именно к каким горным породам относятся продукты коры выветривания.

Согласно актуальному петрографическому кодексу, все кристаллические горные породы, слагающие геологические тела и ассоциации таких тел подразделяются на следующие категории: магматические, метаморфические, метасоматические, мигматитовые, импактные и осадочно-вулканогенные подразделения [5].

Горные породы метасоматического подразделения на контактово-метасоматический, регионально-метасоматический и гипергенно-метасоматический классы. Последний объединяет породы, сформированные в зоне гипергенеза-эпигенеза, образование которых обусловлено химическим воздействием на породы фильтрующими сквозь них низкотемпературными растворами, инвариантно к их происхождению.

Под метасоматозом понимается «реакция приспособления горной породы к изменению физико-химических условий ее существования». Согласно кодексу, в областях низких температур метасоматоз переходит в гипергенез. В геологическом словаре под гипергенезом понимается «совокупность физико-химических процессов (включая

выветривание), происходящих в приповерхностной части земной коры (зоне гипергенеза) при низких температурах под воздействием атмосферы, гидросферы и живых организмов [2].

Из всех определений и последовательного рассмотрения многочисленных геологических процессов можно заключить, что образования ковы выветривания – это горные породы, относящиеся к гипергенно-метасоматическому классу (ГМК) метасоматического типа горных пород. Делается попытка определения понятия коры выветривания. Кора выветривания сложена горными породами гипергенно-метасоматического класса, они обособлены в пространстве, распространены по латерали и имеют значимую толщину. Эти породы выдержаны в минеральном составе и структурно-текстурных параметрах. Основной геологический процесс для образования этих горных пород – гипергенез.

Учитывая, что метасоматические породы – это результат изменения пород протолита, соответственно необходимо правило в каких случаях порода должна относиться еще к типу протолита, а в каких случаях – уже к метасоматитам. Предлагается следующее правило отнесения пород к ГМК: Порода может относиться к гипергенно-метасоматическому классу только в том случае, если один или более главный(е) породообразующий(е) минерал(ы) полностью заместились другими минералами в зонегипергенеза.

Дальнейшее разделение породы ГМК на отряды, семейства и виды должны проходить согласно кодексу метасоматических подразделений.

В практическом отношении коры выветривания должны рассматриваться как отдельный поисковый объект на скопление углеводородов, что подчеркивает актуальность детального и систематического подхода к изучению этих образований.

Литература

1. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / Под. ред. Богатикова О. А., Петрова О. В., Морозова А. Ф. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
2. Большая Российская энциклопедия: [в 30 т.] / научно-редакционный совет: председатель - Ю.С. Осипов и др. - Москва: Большая Российская энциклопедия, 2004 г. ISBN 5-85270-320-6.
3. Петрографический словарь/ В.П Петров, О.А. Богатиков, Р.П. Петров // Москва: Недра, 1981. 496 с.
4. Геологический словарь: в 3 т. / гл. ред. О. В. Петров; ред.-сост.: С. И. Андреев [и др.]. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010—2012. — ISBN 978-5-93761-169-7.
5. *Постников А.В., Постникова О.В., Сабиров И.А.* Коры выветривания фундамента южной части Непско-Ботуобинской антеклизы как перспективный поисковый объект на нефть и газ // Труды РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. 2018. - №3 (292). С. 50–59.

ГЕОЛОГИЯ И УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГИБА

Сахнюк В.И., Фролов С.В.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

vladlensakhnyuk@yandex.ru

В настоящее время острым является вопрос открытия новых месторождений нефти и газа для расширения ресурсной базы, поэтому накопление любых данных о еще мало изведанных территориях государства становится актуальным и значимым. К таким территориям относится восточная часть Енисей-Хатангского регионального прогиба (ЕХРП), на изучение геологической истории которого и нацелена данная работа.

Енисей-Хатангский региональный прогиб (ЕХРП) является субширотной отрицательной структурой, которая на севере и юге ограничена по выходу на дневную поверхность отложений мезозойского возраста, на западе граница тяготеет к зоне смены направления простирания тектонических элементов (с субширотного на субмеридиональное), на востоке граничит с Лено-Анабарским прогибом.

Фундамент сложен метаморфизованными породами архей-раннепротерозойского возраста. Осадочный чехол сложен рифейскими, палеозойскими и мезозойскими отложениями. Мезозойские терригенные отложения изучены лучше всего.

В бассейне ЕХРП выделяются различные тектонические элементы: моноклинали (Северо-Сибирская и Южно-Таймырская), прогибы (Центрально-Таймырским и Дудыптинско-Жданихинским) и валы (Мессояхско-Малохетский, Рассохинский и Балахнинский).

В позднем протерозое-среднем палеозое регион находился вблизи пассивной окраины Сибирского палеоконтинента, преобладала карбонатная седиментация. В среднекаменноугольное время происходит смена на терригенное осадконакопление, формируется Предтаймырский краевой прогиб. На рубеже пермского и триасового периода происходит рифтогенез и образование ЕХРП в самостоятельную структуру, рубеж юрского и мелового периода характеризуется инверсией валов и сопровождающейся эрозией.

Нефтегазоносность приурочена к юрско-меловым отложениям, которые представлены чередованием пород песчано-алевритового и глинистого состава, пары которых образуют нефтегазоносные комплексы. Основной резервуар востока (Балахнинское месторождение) – вымский. Флюидоупором являются породы леонтьевской свиты. Залежи пластово-сводовые, тектонически экранированные. Эффективная мощность до 13 м, пористость до 19%, проницаемость – 20 мД.

Нефтегазоматеринскими являются преимущественно триасовые, нижнеюрские, бат-байосские, верхнеюрские глинистые отложения. Содержание конечного органического углерода варьирует от 0.8 до 2.5%, органическое вещество преимущественно смешанного типа с преобладанием сапропелевой компоненты.

Хорошим инструментом для реконструкции возможных сценариев формирования нефтегазоносности того или иного региона служит геолого-геохимическое бассейновое

моделирование. Целью данной работы была попытка восстановить историю формирования нефтегазоносности ЕХРП.

Исследуемая территория геолого-геофизическими методами изучена крайне слабо. В распоряжении автора был региональный сейсмический субмеридиональный профиль и скважинные данные по Владимирской площади (стратиграфические отбивки, данные по литологическому составу отложений, калибровочные данные).

Сейсмический профиль был проинтерпретирован и послужил основой для построения каркаса региональной двумерной модели. Бассейновая модель построена в ПО PetroMod (Schlumberger). В модели учтены структурные перестройки исследуемой территории, заданы граничные условия (тепловой поток, палеоглубина уровня моря, температура на поверхности осадочного чехла). Калибровка модели происходила по данным термического каротажа.

Геолого-геохимическое моделирование показало, что все нефтематеринские толщи (триасовая, китербютская, лайдинская, вымская, бат-байосские, верхнеюрская) вошли в главную зону нефтеобразования, при этом наибольший вклад в формирование нефтегазоносности вносят углеводородные флюиды, сгенерированные верхнеюрскими толщами. Основными очагами генерации служили смежные с Владимирским валом прогибы – Жданихинский и Таймырский. Миграционные потоки в послеюрское время были направлены в сторону валов, в частности, на Владимирское поднятие. Однако, поскольку промышленных притоков здесь не было получено, автором было сделано предположение, что залежи в пределах сводовых частей крупных валов подверглись расформированию во время тектонической перестройки в кайнозойское время. Перспективными могут оказаться поиски залежей на склонах Балахнинского вала, обращенных к Жданихинскому и Таймырскому прогибам в ловушках литологического и тектонического экранирования.

МЕТОДИКА РАСПОЗНАВАНИЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ СРЕД ПО СЕЙСМОЗАПИСЯМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Семерикова И.И.

«Горный институт УрО РАН»
*Пермский государственный на*циональный исследовательский университет

irina.semerikova@gmail.com

Предлагаемая специализированная методика распознавания трещинных объектов, разработанная в ГИ УрО РАН [3, 4, 5], базируется на комплексной интерпретации параметров-признаков в динамических параметрах отраженных продольных волн. Задача определения вектора поисковых признаков в полях отраженных продольных волн является не простой, в силу многофакторного влияния на динамические параметры [1, 2], а также их меньшей устойчивостью, по сравнению с кинематическими параметрами, к условиям приема и обработки сигнала. В то же время, богатое разнообразие динамических параметров, каждый их которых несет информацию об особенностях среды, их тонкая реакция на отклик среды, а также бурно появляющиеся новые способы и методы, направленные на сохранение истинности их значений в процессе обработки полевого материала, является весьма привлекательными для интерпретатора.

Исследования закономерностей изменчивости динамических атрибутов проводились независимыми методами: в лабораторных условиях – теоретическое сейсмомоделирование, физическое моделирование; в условиях естественного залегания горных пород в трещиноватых зонах с известными параметрами трещин.

Данные поисковые признаки установлены по результатам физического моделирования системы наблюдений сейсморазведки ОГТ на больших образцах натуральных горных пород, так же математического сейсмомоделирования полей продольных отраженных волн, а также по данным полевых сейсмических работ на трещиноватых объектах с известными параметрами трещин. На основе анализа комплекса найденных поисковых признаков оценивается вероятность наличия трещиноватого объекта того или иного класса.

В результате работ по исследованию эмпирических связей «динамические параметры – параметры трещиноватости» установлены поисковые признаки для трещиноватых объектов в динамических параметрах отраженных продольных волн [3, 4, 5]. Эффективность ее применения базируется на объективных предпосылках: появление определенного вида аномалий амплитудных и спектральных параметров, вызванное наличием трещин различного типа; проявление закономерной согласованности в поведении данных аномалий параметров; превышение уровня аномалий над уровнем помех и погрешностей, оставшихся после компенсации остальных факторов, влияющих на данные параметры [2].

Различия, изменчивость их поведения в зависимости от параметров трещиноватости позволяют производить распознавание зон, различающихся внутренней структурой: зоны развития мелких разноориентированных трещин (линейные размеры трещины много

меньше длины волны сигнала) и зоны развития протяженных трещин (линейные размеры трещины соизмеримы или много больше длины волны) [3, 4]

Алгоритм разбраковки (распознавания) трещинных зон по внутренней структуре реализует подход в виде двухшаговой схемы. Методически анализ параметров целесообразно начать с универсальных признаков в волновом поле, присущих всем разным классам трещинных зон. На втором этапе осуществляется переход к индивидуальным, уникальным, признакам и более частным задачам.

В результате представляется возможным выявить и произвести разделение трещинных зон по внутренней структуре: одна из ветвей схемы выводит на зоны малых (много меньше длины волны сигнала), разноориентированных трещин, другая – на протяженные (больше длины волны сейсмического сигнала) разрывные нарушения. Исходя из формализованной постановки задачи комплексной интерпретации, такой анализ позволил найти, определить критерии комплексной интерпретации признаков, на базе которых осуществляется свертка признаков в функцию определяющую тип геологической среды.

Демонстрируются результаты применения данной методики в районах трещиноватых, трещинно-кавернозных коллекторов. Часто такого типа коллекторы имеют мозаичный, локальный характер распространения по латерали, значительную латеральную неравномерность фильтрационно-емкостных свойств, и сильные вариации дебитов углеводородов на разных участках залежи из скважин, пробуренных и вскрывших залежь на разных участках.

Детальность картирования трещиноватости с помощью предлагаемой методики определяется шагом дискретизации сейсмической записи. В результате применения методики распознавания трещиноватых сред удается закартировать на данных объектах коллектора мощностью 3–3.7 м.

Литература

1. *Ампилов Ю.П.* Сейсмическая интерпретация: опыт и проблемы. М., «Геоинформмарк», 2004, 286 с.
2. *Бляс Э.А.* Линеаризированный подход к определению импедансов продольных и поперечных волн по сейсмограммам отраженных Р-волн (AVO – инверсия). //Технологии сейсморазведки. 2005, No 1, С.5-15 3. *Семерикова И.И.* Методика распознавания трещиноватых сред в полях отраженных волн для прогноза коллекторов углеводородов// «Экспозиция нефть газ», 2015. N 6. С. 44-47.
3. *Irina I Semerikova, J Russ Evans, David C* Booth, Hengchang Dai and Tatiana S Blinova. A new technique for recognizing fractured zones in P-P reflection fields, applied to the study of a North Sea oil reservoir. // Russian Journal of Earth Sciences. Vol 12, ES5002, 2012, No 5. Ресурс сети Интернет doi: 10.2205/2012ES000523.
4. *Semerikova I. I.* 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, number W044.

НЕОТЕКТОНИКА И РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Симонов Д. А.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

dsim_0@mail.ru

Большинство исследователей грязевого вулканизма Керченского полуострова отмечают его связь с новейшими и современными тектоническими движениями. При этом известно, что амплитуда, скорость и направление новейших тектонических поднятий может меняться во времени, что может отражаться и на развитии грязевого вулканизма. Структурно-морфометрический метод, разработанныей М.Ф. Философовым [3], позволяет не только выявлять развивающиеся тектонические структуры, но и рассматривать их развитие во времени.

Морфоструктурный анализ был проведен для Керенского полуострова на основе цифровой модели рельефа SRTM с разрешением 90 метров. Поскольку в пределах Керченского полуострова нет развитой речной сети. Большинство водотоков являются либо пересыхающими, либо сухими балками. Эрозионная сеть, используемая для дальнейшего анализа, была построена по той же цифровой модели рельефа с использованием алгоритмов выявлении направления стока в элементарных ячейках согласно так называемой модели восьминаправленного стока. Водотоки были классифицированы на порядки по алгоритму, предложенному в работе М.Ф. Философова[3]. В ходе анализа рассматривались все водотоки, водосборный бассейн которых составлял не менее 250–300 тыс м2. Таким водотокам присваивался первый порядок. Всего, при заданных параметрах выделения водотоков, в пределах Керченского полуострова было выделено пять порядков.

На основании имеющихся исходных данных был построен набор монобазисных и разностных поверхностей для водотоков всех пяти выделяемых порядков, а также остаточный рельеф, которые затем были проанализированы в комплексе с Государственной геологической картой СССР масштаба 1:200000 (первая редакция) [1, 2] и составленной на ее основе карты эрозионной устойчивости. Проведенный анализ позволил выявить стадийность развития рельефа Керченского полуострова на новейшем этапе развития.

Наиболее древний рельеф Керченского полуострова отражается в монобазисной поверхности, построенной по долинам водотоков пятого порядка. Развитие рельефа полуострова началось с образования почти изометричного поднятия в его центральной части, истинные размеры и возраст которого достоверно определить сложно, однако косвенным подтверждением его формы и размеров, а также возраста, может служить распространение, скорее всего по его краю, верхнеплиоценовых отложений куяльницкого яруса.

Дальнейшее развитие рельефа отражается в монобазисной поверхности четвертого порядка, когда основное поднятие приобретает вытянутую форму восток-северо-восточного простирания, резко отличающиеся от более древнего структурного плана. Разносная поверхность между монобазисными поверхностями четвертого и пятого

порядков показывает, что наиболее интенсивное воздымание на этом этапе продолжалось в центральной и восточной частях полуострова.

Анализ монобазисной поверхности, построенной по долинам водотоков третьего порядка, а также разностной поверхности монобазисных поверхностей третьего и четвертого порядков позволяет сделать вывод, что с началом формирования водотоков третьего порядка неотектонический структурный план вновь изменился. С этого времени воздымание начинает преобладать в восточной и северо-восточной частях полуострова, в то время, как в западной и центральной частях его интенсивность падает.

Анализ монобазисной поверхности, построенной по долинам второго порядка, показывает, что наиболее древние поднятия центральной части полуострова либо испытывали слабое воздымание вместе со своими периферийными частями, либо в этих районах вообще не наблюдалось существенных вертикальных движений, в то же время, начинают активно развиваться поднятия северо-восточной части полуострова и продолжают воздыматься поднятия вдоль восточного побережья. В целом, общий тренд преобладания активного воздымания восточной и северо-восточной части полуострова сохраняется.

Анализ монобазисной поверхности, построенной по долинам водотоков первого порядка, показывает, что на заключительных этапах формирования рельефа Керченского полуострова воздымание в его западной и центральной частях практически прекращается. Для данной поверхности начинает играть заметную роль остаточный рельеф, обусловленный литологией и различным показателем трудности разрушения пород. Вертикальная амплитуда некоторых поднятий, может в значительной степени быть обусловлена именно этим фактором. В то же время, на северо-востоке и востоке полуострова выделяются развивающиеся поднятия, амплитуда которых, скорее всего, не связана с литологическим фактором и здесь сохраняется общий тренд преобладания воздымания. Следует также отметить, что сохраняется тенденция увеличения амплитуды остаточного рельефа с юго-запада на северо-восток.

Таким образом, на основании структурно-морфометрического анализа удалось выявить стадийность развития новейших структур Керченского полуострова. На начальных этапах неотектонического развития наиболее активное воздымание и рост неотектонических структур происходил в западной и центральной частях полуострова. Причем развитие рельефа начиналось в верхнем плиоцене с изометричного поднятия, которое в начале плейстоцена приобретает вытянутую форму восток-северо-восточного простирания. В дальнейшем наиболее значительное воздымание ничинают испытывать северное и северо-восточное побережье Керченского полуострова. Хотя морфометрический анализ не позволяет выявлять отрицательные тектонические движения, однако интенсивная денудация рельефа в Восточной зоне выявляется по разности монобазисных поверхностей первого и второго порядка. Начало активности грязевых вулканов на Керчкнском полуострове было разновременным. Наиболее древние вулканы отмечаются на западе полуострова, а последующая их активность смещается на восток, что хорошо коррелирует с выявленным в данной работе трендом развития рельефа.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00818.

Литература

1. *Бобылев В. В., Балакина А.А., Муратов М. В.* Государственная геологическая карта СССР. Серия Крымская, масштаб: 1:200000, серия: Крымская листы L-36-XXX. редактор: Муратов М.В. составлена: МГРИ, трест «Днепрогеология». 1973.
2. *Бобылев В. В., Цейслер В.М.* Государственная геологическая карта СССР. Серия Крымская, масштаб: 1:200000, серия: Крымская листы L-36-XXIV. редактор: Муратов М.В. составлена: трест «Днепргеология». МГРИ. 1973.
3. *Философов В.П.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. //Саратов: Изд–во Саратовского ун–та, 1975.232 с.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРОЯВЛЕНИЯХ ПСЕВДОМОРФОЗ ПОЛИГОНАЛЬНО – ЖИЛЬНЫХ ЛЬДОВ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ

Скобелев А.Д.[1], Акуленко С.А.[1], Ерохин С.А.[2], Модин И.Н.[1], Паленов А.Ю.[1], Рыбаков С.С.[1], Шевченко В.А.[1]

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

askobelev.msu@gmail.com

Около 40% территории России (большая часть Русской равнины, юг Западной Сибири) относится к области, которая в прошлом была занята многолетнемерзлыми породами. Территории вплоть до низовий Дона, Волги, Кубани и Терека находились по крайней мере в поясе глубокого сезонного промерзания в криогенный этап плейстоцена. Как в речных долинах, так и на водораздельных пространствах в это время активно развивались повторно-жильные льды, что отражается в современном строении приповерхностной части геологического разреза. После редукции мерзлоты в голоцене широко распространен остаточно-мерзлотный микрорельеф (реликтковая криогенная морфоскульптура)

Реликтовые полигональные структуры повторно-жильных льдов (реликтовые ПЖЛ) проявляются в естественном стационарном магнитном и искусственном электрическом поле, создаваемом электрическими генераторами.

При поисках захоронений участников Бородинского сражения геофизическими методами (2005–2010 гг) на картах вертикального градиента магнитного поля и кажущегося удельного электрического сопротивления по данным работ методом срединного градиента была выявлена сеть реликтовых ПЖЛ. Аномалии магнитного поля составляют 2–4 нТл. Аномалии электрических полей в 3–5 раз превышают фоновые значения. На магнитных аномалиях четко проявляются сопряженные минимумы от нижних кромок аномальных тел. Верхние кромки тел расположены на глубинах от 0.5 до 1 м. Нижние кромки от 1 м до 2.5 м. Ширина аномалий около 2 м, средняя длина аномалий от 10 до 40 м. При сопоставлении карт наблюдается хорошая корреляция положений выявленных структур.

При работах на археологических памятниках Суздальского Ополья применялся комплекс геофизических методов, включающий георадиолокационное зондирование(ГРЛ), электротомографию (ЭТ) и магниторазведку. Производилась детальная съемка по различным сетям 1х1м, 0.5х0.5м, 1х0.5м (шаг между пунктами наблюдения и профилями). На картах вертикального градиента магнитного поля, а также горизонтальных срезах УЭС, полученных по результатам двумерной инверсии данных ЭТ на глубинах до 1м также были получены результаты, интерпретируемые как локальные геолого-почвенные неоднородности связанные с процессами палеокриогенеза.

Псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам (реликтовые ПЖЛ) проявлены в виде сетки трех порядков с ячейками 50–100 м, 20–30 м, 5–10 м. УЭС изменяются от 50 до 200 и более Ом·м (максимальные значения – в пересечениях границ полигонов), значения

аномального поля составляют 5–10 нТл. Георадиолокация не добавила новой информации к данным других методов.

Преимуществами использования постоянного тока перед методами переменного тока являются большая чувствительность к неоднородностям повышенного сопротивления, а также возможность изменения детальности исследований верхней части разреза.

МАЛОГЛУБИННАЯ ГЕОФИЗИКА ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ГЛЯЦИОДИСЛОКАЦИЙ В СИНИХ ГЛИНАХ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Скобелев А.Д.[1], Богданов М.И.[2], Большаков Д.К.[1], Ефремов Д.К.[1], Модин И.Н.[1], Приходько А.Д.[1]

[1]Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
[2]ООО «ИГИИС», Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве

askobelev.msu@gmail.com

Район работ расположен на Приневской низине, на реке Ижоре (левый приток Невы). Примерно 500 млн. лет назад в раннем кембрии на огромных территориях данной местности сформировалась мощная глинистая толща. В палеозое вся эта территория была покрыта морем. Осадочные отложения того времени преимущественно глины, известняки и песчаники покрывают толщей свыше 200 метров кристаллический фундамент, состоящий из гранитов, гнейсов и диабазов. Современный рельеф образовался в результате деятельности ледникового покрова (последнее Валдайское оледенение было 12 тысяч лет назад). После отступления ледника образовалось Литориновое море, уровень которого был на 7–9 м выше современного. 4 тысячи лет назад море отступило и образовалась долина реки Невы. Долина сложена озёрно-ледниковыми и постледниковыми отложениями. Последние 2,5 тысячи лет рельеф почти не менялся. В целом для территории района характерен полого-холмистый равнинный рельеф.

Из особенностей геологического строения необходимо отметить присутствие горизонта синих глин, распространенных повсеместно. Мощность синих глин в среднем составляет 110–120 м. Глина окрашена в голубовато-серый или зеленовато-серый цвета, тонкогоризонтальнослоистая. В толще синих глин присутствуют алевритовые прослои. Характерным для синих глин является присутствие рассеянных кристаллов и друз пирита и марказита. Основными компонентами в глинах являются кремнезем и глинозем. Из органических остатков - редкие остатки трубчатых червей с известковистыми и хитиновыми оболочками.

Воды реки Ижора характеризуются как загрязнённые: загрязнение реки ионами металлов в 3–6 раз превышает ПДК. В Ижору через 9 стоков ежегодно попадает около 39 млн кубометров сточных вод, в основном это отходы от бытовых нужд.Анализ воды Ижоры, выполненный в мае 2008 года, показал, что ПДК для опасных веществ превышены в десятки и сотни раз; среди прочих в воде обнаружены ртуть, нефтепродукты, свинец, ацетон, хлороформ. Такие загрязнения вод могут приводить к региональному понижению удельного электрического сопротивления грунтов. Как показали наши исследования средние сопротивления грунтов включая пески не превышают 45 Ом·м. При этом результаты резистивиметрии (измерение сопротивления воды) показали, что во время наших работ вода в реке имела сопротивление 16–17 Ом·м. Именно такие сопротивления воды могут приводить к значительным понижениям удельного сопротивления грунтов. Кроме этого очистные сооружения, расположенные в непосредственной близости от места

работ, работают по внешним проявлениям неидеально. Всё это может приводит к серьезным химическим загрязнениям верхней части разреза.

При выполнении сейсморазведочных работ использовался метод преломленных волн (МПВ), основанный на регистрации в первых вступлениях головных и рефрагированных волн. Глубинность метода составляет в данном случае около 20 м и определяется длиной волны, силой удара и контрастностью сейсмических свойств грунтов. МПВ в данном случае позволил эффективно определять мощность до глубины 20–25 м для поперечных волн и порядка 15 м для продольных волн.

В ходе электротомографических работ были выполнены профильные наблюдения методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) в модификации электрической томографии (ЭТ). Электротомография является одним из ведущих методов малоглубинной электротомографии постоянным током при геофизических исследованиях верхней части геологического разреза [6]. Всего выполнены исследования по 1 профилю общей протяженностью 357 погонных метров с шагом по профилям 5 м.

Глубина исследования методом электротомографии составляет около 50 м. На рис.21а показан геоэлектрический разрез после двумерной инверсии. Условно по вертикали его можно разделить на три части. Сверху мощностью в несколько метров мы видим слой сравнительно высокого сопротивления более 35 Ом·м, который соответсвует пескам. Ниже залегает проводящий слой (от 5 до 15 Ом·м) суглинков и глин мощностью около 10 м. Нижнюю часть разреза занимают синие кембрийские глины с мощностью более 20 м.

Глубина исследования сейсмическим методом для поперечных волн составляет около 20–25 м. Сейсмический разрез поперечных волн имеет двухслойное строение. Сверху мощностью около 8–9 м залегает низкоскоростной слой со скоростью поперечных волн до 250 м/с. Ниже расположен слой с возрастающей скоростью от 300 до 500 м/с. Еще ниже, начиная с глубины 15–20 м, скорости поперечных волн практически не изменяются и составляют чуть более 500 м/с.

На участке, где были выполнены измерения продольных волн, скорость продольных волн меняется в верхнем слое изменяется от 500 до 1600 м/с. Скорость продольных волн в нижней части разреза меняется от 1700 до 2200 м/с. При этом на глубине от 7–8 до 15 м прослеживается слой с практически неизменной скоростью от 1600 до 2100 м/с.

То есть комплексный скоростной разрез поперечных и продольных волн можно разделить на 3 слоя:

- верхний – градиентный слой с нарастающей вниз скоростью Vp(h) с неизменной скоростью Vs=200–250 м/с, такое соотношение скоростей характерно для слоя, в котором происходит увеличение плотности с глубиной, при этом верхняя часть разреза обладает высокой влажностью;

- средний – с практически неизменной скоростью Vp = const и градиентным слоем Vs от 250 до 500 м/с, такое соотношение скоростей характерно для слоя, в котором происходит уменьшение влажности и соответственно увеличение сцепленения между частицами грунта без заметного увеличения плотности с глубиной, при этом на подошве слоя влажность выходит на асимптотически минимальную величину;

- нижний - с высокой скоростью Vp = 2000 м/с и Vs = 500 м/с, это означает что в этом слое глин уже не меняется плотность и влажность с изменением глубины.

Эта особенность скоростной модели находит хорошее отражение на разрезе Vs/Vp. Проведены две границы, которые довольно уверенно можно протрассировать на этом разрезе: первая граница I соответствует интервалу глубин, в котором Vs/Vp уменьшается до величины 0,15, вторая граница II – проведена по линии максимального значения Vs/Vp. Ниже скорости меняются мало.

Немногочисленные данные показывают в целом уменьшение скорости поперечных волн с ростом влажности, также это вполне согласуется с представлениями о распространении поперечных волн (волн «сдвига») в дисперсных грунтах. Хорошо известно, что сдвиговые характеристики глинистых грунтов существенно зависят от влажности и с ростом последней значительно снижаются.

В результате выполненных инженерно-геофизических исследований можно сделать следующие выводы.

I. По основным физическим свойствам можно выделить 3 комплекса грунтов:

1) Верхний комплекс включает в себя три литологических толщи: самая верхняя – пески техногенного и естественного (ледникового и речного) происхождения. Вторая толща – моренные суглинки. Третья толща – глины синие дислоцированные. Вся эта толща залегает на глубине от 7 до 9 м и характеризуется крайне низкими (200–250 м/с) скоростями поперечных волн.Такие низкие скорости объясняются слабым сцеплением частиц грунта и высокой обводненностью грунтового материала. С точки зрения продольных волн данный комплекс характеризуется увеличением скорости от кровли к подошве этой кровли, что свидетельствует о линейном увеличении плотности с глубиной.

2) Второй комплекс располагается на глубинах от 7–9 до 15 м. Характеризуется постоянной скоростью продольных волн (около 2 км/с) и возрастанием поперечных скоростей от кровли к подошве, что указывает на уменьшение влажности. Данный интервал глубин соответствует средней части геоэлектрического разреза, на котором отражаются изменения свойств синих глин.

3) Нижний комплекс грунтов: скорости продольных волн более 2 км/с, а скорости поперечных волн составляют от 0.3 до 0.5 км/с. Данная толща также характеризуется сильной изменчивостью удельных электрических сопротивлений. Таким образом, в пределах второй и третьей толщ выделяются зоны повышенных и пониженных сопротивлений синих глин, при этом зоны повышенных сопротивлений соответствуют ненарушенным синим глинам в естественном залегании, а пониженные сопротивления соответствуют трещиноватым глинам.

II. Необходимо отметить, что самая верхняя часть разреза до глубины 7–9 м имеет очень низкие прочностные свойства. Рекомендуемые глубины, на которых могут быть закреплены опоры моста, – свыше 9–10 м.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРЕЩИНОВАТЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ МИОЦЕНА НА ГЕРАКЛЕЙСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ В КРЫМУ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Скобелев А.Д., Гиренко Е.Ю., Модин И.Н., Приходько А.Д.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

askobelev.msu@gmail.com

Исследуемый участок геологически представлен верхнемиоценовыми отложениями возраста N_1 (породы сарматского яруса, среднего горизонта N_1s_2) – переслаиванием органогенно-хемогенных известняков, имеющих различную степень прочности, и глин. Сарматские отложения перекрыты техногенными грунтами мощностью до 3 м.

При проведении инженерно-геофизических исследования для строительства жилого комплекса на рассматриваемой территории был выполнен комплекс работ, включавший электротомографию, сейсмотомографию и инженерно-геологическое бурение

По данным бурения скважин было охарактеризовано инженерно-геологическое строение участка строительства. По результатам геофизических исследований были получено детальное строение верхней части разреза до глубины 15 метров.

Все слои сильно перемешаны и имеют включения соседних литологических разностей. Известняк трещиноватый, кавернозный, разборный, дисками по 3–8 см, реже столбиками по 15–30 см (возможно, фрагменты глыб, выбуренные в виде керна), с прослоями рухляка разрушенного до состояния муки. Самая верхняя часть разреза до глубины 5–10 м имеет пониженные прочностные свойства: предел прочности на одноосное сжатие $s_{сж}$, согласно проведенным лабораторным исследованиям, составляет менее 7 МПа. Также были получены сейсмические разрезы в изолиниях скоростей распространения продольных и поперечных волн, соотношения Vs/Vp, статических модулей деформации и коэффициента Пуассона, динамических модулей упругости (Юнга), сдвига, предела прочности на одноосное сжатие, что позволило оценить физико-механические свойства грунтового массива.

Применение сейсморазведочных данных (скоростей распространения продольных и поперечных волн) позволило интерполировать значения этого параметра в межскважинном пространстве с большей точностью. Результаты двумерной инверсии данных электротомографии позволили проследить геологические структуры по латерали и по глубине.

По совокупности геологических, а главным образом геофизических признаков в структурном отношении верхняя часть разреза имеет блочный характер. Глины здесь не являются водоупором и имеют многочисленные гидрогеологические окна, через которые вода свободно проникает в нижнюю часть разреза. Установлено, что увлажнение известняков приводит к понижению прочностных свойств массива на 20–30%.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ В АНОКСИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА ПРИМЕРЕ СЕНОМАН–ТУРОНСКОГО ОАЕ2 НА ОКРАИНЕ ОКЕАНА ТЕТИС

Солдатова А.И.[1], Гаврилов Ю.О.[2], Макарова Е.Ю.[1], Мартин Коштак[3]

[1]МГУ Геологический факультет;
alesldtv@gmail.com; e.makarova@oilmsu.ru;

[2]ФГБУН Геологический институт Российской академии наук;
yugavrilov@gmail.com

[3]Карлов Университет (Прага, Респ. Чехия), Природоведческий факультет;

Изучение возникновения и развития обстановок дефицита кислорода в палеоводоемах, которые связаны с накоплением отложений, обогащенных органическим веществом имеет важное фундаментальное научное и практическое значение, так как способствует разработке критериев для поисков потенциально нефтегазоматеринских толщ с реконструкцией условий их седиментации.

В течении всей геологической истории Земли неоднократно возникали такие кратковременные события: в позднем девоне, раннем тоаре, на границе сеномана и турона, палеоцена и эоцена и др. Свидетельства этих событий, хотя и небольшой мощности, отмечаются по всему миру на синхронных стратиграфических уровнях.

В рамках данной работы на основе фактического материла рассматривается океаническое аноксическое событие (ОАЕ) 2 происходившее в конце сеномана. Следы этого события обнаруживаются во всех регионах мира: Америке, Австралии, Саудовской Аравии, Европе, России и других. Длительность ОАЕ 2 в одних регионах не превышала несколько десятков тысяч лет, тогда как в других могла достигать 0,5 млн лет [2].

Целью работы являлось рассмотрение процесса формирования потенциально нефтематеринских пород в условиях аноксической седиментации на примере сеноман-туронского океанического аноксического события, характерного для окраин океана Тетис. Фактическим материалом послужили образцы, отобранные авторами из обнажений: Восточный Кавказ (Леваши) – 27 образцов, Крым (Аксу-Дере) – 7 образцов, Чехия (Пецинов карьер) - 19 образцов.

Эти разрезы содержат ярко выделяющиеся горизонты темно-серого или черного цвета глинистых и глинисто-карбонатных пород, среди светло-серых и белых известняков. Изучаемые интервалы характеризуются повышенным содержанием в породах органического вещества, до 10 – 15% для синхронных отложений.

Для характеристики образцов пород и содержащегося в них ОВ были проведены комплексные исследования, включающие литологическое описание, изучение петрографических шлифов, пиролиз, холодную ультразвуковую экстракцию битумоида, газожидкостную хроматографию экстракта; для части образцов были проведены изотопный анализ и определение Mo/Mn индекса.

Все изученные разрезы характеризуются цикличностью строения, что особенно ярко проявляется в строении разреза Леваши. Циклиты толщиной от 3–4 до 10–15 см (редко больше), количество циклитов достигает 11–12. Нижний элемент представлен темным

слойком наиболее обогащенным ОВ, верхний – серая, светлая более карбонатная порода. Переход к следующему циклиту резкий, внутри одного циклита граница часто отсутствует, увеличение карбонатности и осветление породы происходят постепенно. В Крыму горизонт битуминозных мергелей, содержащий от 1 до нескольких темноокрашенных слоев, имеет линзовидный характер, мощностью до 1м, цикличность его строения практически не выражена, наиболее отчетливо выявляется геохимическими исследованиями [3]. В разрезе Пецинова карьера в Чехии также проявляется цикличность строения позднесеноманских отложений, но отмечается большая доля терригенной составляющей в породах.

Значения ТОС (Сорг), определенные пиролитическим методом, для пород нижних частей циклитов изучаемых разрезов варьируются в широких пределах: от очень низких (0,3%) до достаточно высоких (8%) (образцы были отобраны из обнажений, пониженные значения могут быть связаны с гипергенными изменениями). Детальное изучение распределения ОВ в разрезе этих толщ позволит охарактеризовать потенциально нефтематеринские породы, формирующиеся в таких обстановках.

В изученных разрезах выявлены изотопные аномалии – положительная δ13С и отрицательная δ18О, что характерно также для аноксических событий этого интервала в других районах мира. Это обусловлено изменениями углеродного баланса и температурного режима планеты. Аномальные значения δ13С фиксируются как для карбонатов, так и для ОВ. Так же аноксические обстановки осадконакопления для этих разрезов подтверждаются значениями Mo/Mn индекса. Эти элементы характеризуются диаметрально противоположным поведением в кислородной и бескислородной среде, таким образом, если этот индекс равен> 10% можно уверенно говорить о бескислородных обстановках осадконакопления [4], что подтверждается для разреза Аксу-Дере (40%) и Пецинового карьера (45%).

Образование углеродистых отложений происходило на фоне быстрой эвстатической трансгрессии, во время которой из наземных прибрежных ландшафтов осуществлялся вынос в водоем большого количества биофильных элементов, что обуславливало резкий рост биопродуктивности и накопление в осадках большого количества ОВ. По графику Кеннона и Кессоу обстановки осадконакопления для образцов изучаемых разрезов определяются как мелководно-морские, прибрежные. Органическое вещество преимущественно III или II–III типов.

Нелинейный характер развития трансгрессии в сеноман–туронское время (локальные чередования трансгрессии и регрессии) приводил к неравномерности поставки в водоем биофилов, что повлияло на образование циклически построенных отложений. В результате чего нижние части циклитов были обогащены ОВ, а для верхних - характерно практически полное его отсутствие.

Накопление аноксического горизонта на Восточном Кавказе началось на фоне низкого стояния уровня моря в условиях относительного мелководья, дальнейшего быстрого подъема уровня моря и стремительно развивавшейся трансгрессии [1].

В Крыму обстановки аноксии носили более локальный характер. Отложения разреза Аксу-Дере накапливались в придонной зоне, при ослаблении течений количество растворенного O_2 уменьшалось, что приводило к сокращению разнообразия и численности бентосной фауны.

Пецинов карьер в Чехии в сеноман–туронское время представлял собой палеодолину, которая постепенно заполнялась речными и устьевыми осадками. Дальнейшее затопление превратило этот район в небольшой залив отделенный от основной части морского бассейна палеогорьями и заполняющийся более тонкими обломками [5]. В результате чего этот разрез в сравнении с Крымским и Кавказским характеризуется большим количеством терригенной примеси, большей мощностью аноксического горизонта, значительно меньшим содержанием ОВ внутри циклитов.

Таким образом, в результате проведенных исследований было показано, что при схожести бескислородных условий морского осадконакопления, имеется ряд существенных отличий, что может быть выражено в количестве и степени сохранности ОВ в формирующихся породах. Особенности палеогеографических обстановок необходимо учитывать при прогнозе нефтематеринских свойств пород, сформированных в аноксических условиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 19-55-260009.

Литература

1. *Гаврилов Ю.О., Щербинина Е.А., Голованова О.В., Покровский Б.Г.* Позднесеноманское палеоэкологическое событие OAE 2 в Восточно-Кавказском бассейне северного Перитетиса 2013.
2. *Конюхов А.И.* Океанские аноксические события мелового периода и их роль в формировании нефтематеринских отложений на окраинах материков. Георесурсы. 2017. Спецвыпуск. Ч. 1. С. 43-55.
3. *Латыпова М.Р., Копаевич Л.Ф., Калмыков А.Г., Никишин А.М., Бордунов С.И. Новые данные об океаническом бескислородном событии (OAE2) на границе сеномана и турона в разрезе р. Биюк-Карасу (Центральный Крым). Вестник Московского Университета № 3, 2019.*
4. *Холодов В.Н., Недумов Р.И. Литология и геохимия среднего миоцена Восточного Предкавказья. М.: Наука, 1981 г. (Труды ГИН; Вып. 358).*
5. *Martin Kostak, Stanislav Cech, David Ulicny, Jan Sklenar Boris Ekrt, Martin Mazuch Ammonites, inoceramids and stable carbon isotopes of the CenomanianeTuronian OAE2 interval in Central Europe: Pecínov quarry, Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic), 2017.*

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО СЕЙСМОГЕННОЙ ПРИРОДЫ СКАЛЬНЫХ ОПОЛЗНЕЙ ДАГЕСТАНА

Тарабукин В. В.[1], Кабирова А.Д.[2]

[1] *МГРИ-РГГРУ*

[2] *Геологический факультет МГУ им. Ломоносова*

tarabukin.vladislaw@yandex.ru

Целью данной работы является изучение особенностей формирования крупномасштабных древних оползней в скальных массивах Дагестана. А именно, изучение возможности формирования исследуемых оползней под воздействием сейсмической нагрузки. Для достижения поставленной цели необходимо произвести обратный анализ устойчивости исследуемых склонов.

В тектоническом отношении объекты исследования расположены в юго-восточной части Известнякового Дагестана [1].

На описываемой территории развиты отложения юрской и меловой систем, смятые в крупные коробчатые складки. Ядра антиклиналей, образующих хребты, сложены среднеюрскими отложениями, где в их составе выделяются ааленский, байосский, батский и келловейский ярусы. Они бронируются верхнеюрским – нижнемеловым карбонатно-терригенным комплексом.

Один из исследуемых оползней расположен в Хунзахском районе Дагестана непосредственно к югу от с. Ках. Оползневой цирк находится на северном склоне хребта, образующего правый борт долины р. Алатляр, а тело оползня лежит на левом берегу реки.

Два других оползня расположены в Гергебильском районе Дагестана: в 5 км на северо-запад от с. Гергебиль. на правом берегу р. Каракойсу и в 2 км на юго-восток от села на левом берегу р. Казикумухское Койсу.

Исследуемые оползни произошли на крыльях антиклиналей, бронируемых известняками нижнего подъяруса барремского яруса мощностью 35–45 м. Валанжин и средний готерив также представлены карбонатными отложениями мощностью, соответственно, 40–50 и 60–65 м, разделёнными терригенными пачками нижнего и верхнего готерива, мощностью, соответственно, 30–35 и 20–30 м. Ниже залегают верхнеюрские карбонатные отложения мощностью более 180 м. Карбонатные отложения представлены плотными кристаллическими, органогенными и оолитовыми известняками и пронизаны сетью доскладчатых трещин «Х-образной» ориентировки, а терригенные – песчаниками и алевролитами. Отрыв оползневых блоков предположительно произошел по трещинам ориентированных поперек бронирующего слоя [2].

Кахский оползневой склон достаточно пологий (13°–14°), склон у р. Каракойсу круче (27°-30°), оползневой склон у р. Казикумухское Койсу несколько круче остальных, до 50°. На данных участках поверхность склона до оползания совпадает с поверхностью напластования.

Согласно картам ОСР-2016-А и ОСР-2016-В исследуемый район относится к 8 бальной зоне, по ОСР-2016-С – к 9-бальной. Данный факт учитывался при расчете устойчивости исследуемых оползневых склонов.

С целью доказательства или опровержения сейсмогенного происхождения изучаемых оползней, были сделаны обратные расчеты устойчивости. Данные оползневые тела схожи между собой по геологическому строению. Однако, одним из главных отличительных признаков является то, что оползневые тела, расположенные на правом берегу р. Каракойсу и у села Ках, сформированы известняками нижнего баррема (K_1b_1) и терригенным комплексом верхнего готерива (K_1h_3), а оползневое тело, расположенное на левом берегу р. Казикумухское Койсу, помимо перечисленных выше горных пород, так же сформировано известняками среднего Готерива (K_1h_2) и терригенным комплексом нижнего готерива (K_1h_1).

Данные объекты выбраны не случайно, поверхность рассматриваемых склонов совпадает с поверхностью напластования в связи с чем, восстановление профилей склонов до обрушения будет более простым и с большей вероятностью корректным. Исходя из этого, результаты обратных расчетов устойчивости должны быть более надежными.

Для решения поставленной задачи, на первом этапе выполненной работы была восстановлена геометрия каждого изучаемого участка до формирования оползня и созданы геомеханические модели для проведения обратных расчетов устойчивости восстановленных склонов. Количественная оценка устойчивости проводилась методом Моргенштерн-Прайса [3].

Для характеристики известняков нижнего баррема (K_1b_1) использовалась модель поведения грунта Хоека-Брауна. Прочность известняка нижнего баррема (K_1b_1) на одноосное сжатие равняется 100 МПа. Индекс GSI определен равным 50 исходя из структуры, которая характеризуется как очень блочная с хорошим состоянием поверхностей трещин. Коэффициент mi для известняка определен равным 9 [4, 5].

Одним из условий формирования оползней в скальных массивах являются зоны ослаблений по трещинам и напластованию слоев [6]. В связи с этим, характеристика свойств терригенного комплекса верхнего готерива K1h3, известняков среднего готерива K_1h_2 и терригенного комплекса нижнего готерива K_1h_1 основывается на линейной анизотропной модели прочности Кулон-Мора:

-K_1h_3: По плоскости напластования C=20 кПа φ=250, по плоскости перпендикулярной напластованию C=100 кПа φ=350.

-K_1h_2: По плоскости напластования C=50 кПа φ=290, по плоскости перпендикулярной напластованию C=150 кПа φ=350

-K_1h_1: По плоскости напластования C=20 кПа φ=250, по плоскости перпендикулярной напластованию C=150 кПа φ=350

Расчеты устойчивости моделей восстановленных склонов (до образования оползневых тел), производилось по нескольким сценариям: в естественных условиях без сейсмической нагрузки и с сейсмической нагрузкой разной интенсивности (7,8 и 9 баллов по шкале MSK-64). Учет сейсмического воздействия основывается на псевдостатическом анализе.

Результаты проведенных расчетов убедительно показывают, что все изучаемые склоны являлись устойчивыми с минимальным коэффициентом устойчивости,

варьирующимся в пределе 1,25…1,73 и что их обрушение без сейсмического воздействия было невозможно.

При сейсмической нагрузкае 7 баллов, все склоны остаются в устойчивом сосотянии с коэффициентом устойчивости в пределе 1,11…1.38.

При сейсмической нагрузке 8 баллов оползень на р. Казикумухское Койсу и Оползень р. Каракойсу переходят в неустойчивое состояние с Ку 0,99 и Ку 0,92. Кахский оползень остается в устойчивом состоянии с Ку 1,21.

При сейсмической нагрузке 9 баллов Кахский оползень переходит из устойчивого состояния в неустойчивое с Ку 0,83.

Проведенный анализ чувствительности склонов к сейсмической нагрузке показывает, что:

-Оползень на левом берегу р. Казикумухское Койсу из состояния предельного равновесия переходит в неустойчивое при горизонтальном пиковом ускорении 0,19g (8 баллов по шкале MSK-64).

-Кахский оползень переходит из состояния устойчивого состояния в неустойчивое при горизонтальном пиковом ускорении 0,3g (8,5 баллов по шкале MSK-64).

-Оползень на правом берегу р. Каракойсу переходит из устойчивого состояния в неустойчивое при горизонтальном пиковом ускорении 0,16g (7,5 баллов по шкале MSK-64).

Выражаем благодарность Фоменко И.К и Строму А.Л. за консультацию и терпение при написании работы.

Литература

1. *Hoek E., Brown E.T.*, 1997, Practical estimates of rock mass strength, Int. J. of Rock Mech. and Min. Sci., Vol. 34, No. 8, 1165–1186
2. *Зеркаль О.В., Фоменко И.К.* Оползни в скальных грунтах и оценка их устойчивости//Инженерная геология. – 2016. –№4 – С.4-21.
3. *Hoek E.*, 1983, Strength of jointed rock masses, 23th Rankine Lecture. Geotechnique, Vol. 33, No. 3, 187–223.
4. *Morgenstern, N.R.*, Price, V.E. 1965. The analysis of the stability of general - slip surface. Geotechnique 15(1), P. 70-93
5. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И., Андреева Т.В., Балыкова С.Д., Бершов А.В., Васильчук Ю.К., Головина Е.О., Ершова А.В., Красилова Н.С., Куринов М.Б., Ладыгин В.М., Фролова Ю.В. Инженерная геология России. Том 3. Инженерно-геологические структуры России. Издательский дом
6. *Брод И.О. и др.* Геологическое строение и история геологического развития Восточного Предкавказья. Труды КЮГЭ, вып. I. Госгеолтехиздат, М.1958.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ РЕОРГАНИЗАЦИИ СПРЕДИНГОВЫХ ХРЕБТОВ В ЮЖНОЙ АТЛАНТИКЕ

Толстова А.И.[1], Дубинин Е.П.[1,2], Грохольский А.Л.[2]

[1]Геологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова;
[2]Музей Землеведения МГУ имени М.В.Ломоносова;
tolstova5nastya@gmail.com

В настоящей работе на примере наименее изученной части Южной Атлантики рассмотрена проблема формирования самого южного сегмента Срединно-Атлантического хребта (ЮСАХ) в результате реорганизации границ плит, перескока оси и отмирания действовавшего ранее спредингового хребта Агульяс. Данный процесс весьма распространен в океанах, и как правило, он характерен для хребтов со средней и быстрой скоростью спрединга. Перескок оси спрединга происходит в результате изменения поля напряжений и кинематических перестроек, следствием которых является изменение геометрии границ плит.

Итог этого процесса отражается в рельефе дна в виде отмершего хребта и нового спредингового хребта, сформированного на старой океанической литосфере, а также двух «шовных» зон - «дальней» и «ближней» - по отношению к палеохребту. Эти шовные зоны, представляющие собой глубинные разломы, фиксируют места заложения новой рифтовой зоны и располагаются симметрично относительно новой оси спрединга. Примерами таких структур в антарктическом секторе Южной Атлантики являются поднятия Метеор и Айлос Оркадос, расположенные симметрично относительно оси южного сегмента САХ.

История развития антарктического сектора Южной Атлантики с момента появления там первой океанической коры (около 140-130 млн лет) и до настоящего момента претерпевала несколько глобальных кинематических перестроек. Это приводило к изменению всего структурного плана региона и его морфологической выраженности.

Район исследований включает южную часть Атлантического океана, ограниченную с севера – разломной зоной Агульяс, а с юга - тройным соединением Буве (ТСБ) и Юго-западным Индийским хребтом (ЮЗИХ).

Антарктический сектор Южной Атлантики начал раскрываться в результате распада Гондваны около 135–140 млн лет назад [7]. Процесс раскрытия сопровождался несколькими глобальными кинематическими перестройками в движении литосферных плит с формированием структур, которые на сегодняшний день мы можем наблюдать на дне океана. Исследования изменений кинематической картины в этом районе основанные на анализе геометрии линейных магнитных аномалий и других геолого-геофизических данных, предполагают изменение скоростей и направлений перемещения плит, изменение

геометрии их границ, сопровождаемые серией перескоков осей спрединга, а также формирование вулканических поднятий.

В области исследования располагается большое количество поднятий и плато различного происхождения, а также структур спрединговых хребтов, в том числе уже неактивных. Основными объектами изучения являлись: палеохребет Агульяс, южная часть Срединно-Атлантического хребта, трансформный разлом Агульяс, поднятия Метеор, Айлос Оркадос, Шона.

Модели эволюции. Модели ранней стадии раскрытия Южной Атлантики до сих пор являются неоднозначными и вызывают дискуссии. Важным индикатором времени начала раскрытия Южной Атлантики считается аномалия M5n (около 126 млн. лет) [6].

В раскрытие участвовали Южно-Американская, Африканская и Антарктическая плиты и микроплита Мальвинас, которая, была впервые упомянута в работе [9]. Авторы предположили ее существование между хронами C34 и C31 (84–66 млн. лет). Согласно [5], плита Мальвинес начала перемещаться независимо от Южно-Американской и Африканской плитами между хронами M0 и C34y (120.4–83 млн. лет). Эта плита располагается в бассейне Агульяс, где сегодня мы можем наблюдать палеоспрединговый хребет с одноименным названием.

Когда спрединг на хребте Агульяс завершился (хрона C27o, 61.2 млн. лет), плита Мальвинес вошла в состав Африканской плиты. Поднятия Метеор и Айлос Оркадос, расположенные на западной границе плиты Мальвинес, представляют собой «шовную зону», маркирующую границу между плитами Мальвинес и Южно Американской плитой, активизирующуюся после этого.

Существует большое количество моделей эволюции данного региона [1, 3, 5; 6, 8 и др].

Нами за основу была взята модель [5] с некоторыми дополнениями. Учитывая главные выводы этих палеореконструкций, историю региона можно было бы представить следующим образом: около 130 млн лет назад продвигающаяся к югу рифтовая трещина Южной Атлантики подошла к Фолклендскому плато с мощной континентальной литосферой, которое послужило структурным барьером на пути продвигающегося с севера рифта. Это привело к образованию крупного трансформного разлома Агульяс-Фолклендского длиной более 1100 км, ограничивающего Фолклендское плато с севера, а также соединяющего сегмент САХ и спрединговый хребет Агульяс (ныне палеоспрединговый). По мере формирования новой коры на хребте Агульяс, Фолклендское плато постепенно перемещалось к западу, пока его восточный край не приблизился к рифтовой зоне южного сегмента САХ (≈ 80 млн. лет назад). Это дало возможность рифтовой зоне южного сегмента САХ продвинуться к югу вдоль восточной границы континентальной коры Фолклендского плато и океанической коры плиты Мальвинес. Это происходило, вероятно, под влиянием термических аномалий. Продвижение нового сегмента спредингового хребта ЮСАХ к югу привело к перескоку оси спрединга хребта Агульяс на 1105 км к западу, случившемся между хронами C31 и C26 (около 60 млн лет), отмиранию старого спредингового хребта Агульяс, формированию нового спредингового сегмента ЮСАХ и двух поднятий Метеор и Айлос Оркадос, фиксирующих место

заложения нового хребта и симметрично расположенных относительно его оси. Очень велика вероятность, что кинематическая и структурная перестройка этой части океана, была стимулирована активностью горячих точек (Шона, Буве, Дискавери), следы деятельности которых хорошо выражены в рельефе дна в виде хребтов, цепочек подводных гор и вулканических плато [3]. В этой связи неоднозначным остается вопрос природы сопряженных структур Метеор и Айлос Оркадос. Являются ли они результатом магматической деятельности, или в их формировании ведущую роль сыграли процессы серпентинизации. Нельзя исключать также возможность того, что эти структуры могут нести в себе блоки континентальной коры, отторженной от краевой части Фолклендского плато. Ответить на некоторые эти вопросы может помочь физическое моделирование.

Метод физического моделирования. Изучение условий реорганизации спрединговых хребтов, а также формирование структур, которые сопровождают перестройки, проводились в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея Землеведения МГУ.

Подход лабораторных исследований основывается на выполнении условий подобия определенных параметров, таких как плотность, предел прочности и др. [2]. Вещество, которое используется в качестве главного модельного материала, представляет собой смесь минеральных масел, церезина и парафина, а также различных добавок.

Целью экспериментов было определение условий кинематической перестройки хребтов, перескока оси спрединга хребта Агульяс и формирования южного сегмента САХ , а также структур “шовных” зоны Метеор и Айлос Оркадос. Рассматривалась возможность, что реорганизация спрединговых хребтов будет происходить под влиянием термических аномалий в подлитосферной мантии, связанных с горячими точками.

В экспериментах задавалась начальная геометрия трещин, которая предполагалась по реконструкциям рифтовых зон на ранний период раскола континентов и формирования палеоспредингового хребта Агульяс. После некоторого периода растяжения, в течение которого происходило наращивания океанической коры в спрединговой системе Агульяс и удаление блока Фолклендского плато, растяжение на некоторый период было приостановлено (имитируя переходный этап перескока оси спрединга, когда хребет (в природе хребет Агульяс) перестает генерировать кору и переходит в неактивное состояние, т.е. спрединг прекращается). Перед очередным запуском поршня включался ЛИН (локальный источник нагрева), имитирующий горячую точку на краю модельного Фолклендского плато. Далее, после возобновления движения поршня, ось спрединга “перескакивала” в область действия горячей точки по причине меньшей прочности литосферы в этой области.

Отметим, что поднятия Метеор и Айлос Оркадос имеют сложную морфологию и геологическое строение [4]. Нельзя исключать, что часть поднятий, расположенная ближе к ТР Агульяс − Фолклендский может иметь в своей структуре фрагменты субконтинентальной коры, другая часть поднятий, расположенная южнее, предполагает вулканическое происхождение под влиянием термической аномалии, создаваемой в то время горячей точкой Шона. В данной экспериментальной модели был воспроизведен перескок оси спрединга (реорганизация системы хребтов) с формированием такого блока,

имеющего смешанную природу, как субконтинентальную, так и вулканическую. Геохимические данные [4] подтверждают тот факт, что поднятие сложено породами, имеющими разную историю своего формирования.

Выводы. Антарктический сектор Южной Атлантики отличается особенно сложной историей своего развития, что связано с перемещением трех гондванских материков Африки, Южной Америки и Антарктиды и активностью горячих точек. Несколько факторов оказали решающее влияние на эволюцию литосферы и историю формирования морфоструктурного плана этого района:

- пространственно-временная миграция точки тройного сочленения Южно-Американской, Африканской и Антарктической литосферных плит со сложным полем напряжения;

- существование континентального Фолклендского плато, которое послужило структурным барьером на пути продвигающейся с севера рифтовой оси САХ;

- наличие горячей точки (в природе Шона) на молодой окраине отодвигающегося континентального блока (Фолклендское плато) могло привести к кинематической перестройке, следствием которой является перескок оси спрединга и отмирание хребта Агульяс, формирование сегмента ЮСАХ и шовных зон Метеор и Айлос Оркадос. Учитывая высокую активность горячих точек как раз в период 80-50 Ма, а также положений плит относительно горячих точек в разные периоды времени на существующих реконструкциях, где хорошо видна корреляция их траекторий и мест будущего заложения ЮСАХ, этот вариант наиболее вероятен.

Дальнейшее развитие сегмента хребта с 60 Ма по настоящее время происходило в относительно спокойной обстановке. В районе южной оконечности хребта вблизи тройного соединения Буве, происходит соединение Южного Атлантического хребта с западной частью Юго-Западного Индийского (Африкано-Антарктического) и Американо-Антарктическим хребтами. Близкое положение горячей точки Шона привело к формированию поднятия Шона. Вся южная часть сегмента САХ, а также западная часть ЮЗИХ оказались подвержены влиянию плюма Буве, что в свою очередь повлияло на сегментацию хребтов.

На основании изучения особенностей структурообразования в районе исследования построена экспериментальная модель эволюции региона, в которой показано, что:

- кинематическая перестройка спрединговых хребтов, которая произошла 80–60 млн лет назад, вероятно была стимулирована влиянием горячих точек Шона и Дискавери, расположенных в окрестности окраины континентального Фолклендского плато;

- в процессе перестроек осей спрединга формируются структуры шовных зон Метеор и Айлос Оркадос, разделяющие разновозрастные блоки литосферы, сформированные на палеохребте Агульяс и южном сегменте САХ;

- экспериментально обосновано значительное влияние горячих точек на формирование южного сегмента САХ и структур, сопровождающих перескок.

Согласно результатам экспериментов, можно сделать выводы о том, что на кинематическую реорганизацию, с большей вероятностью, оказало влияние расположение Фолклендского континентального плато, которое «освободило место» для проградации

рифтовой трещины с севера, а также положения горячих точек Шона, Буве и Дискавери на момент перескока. Влияние же термических аномалий подтвердилось экспериментальным путем.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №16-17-10139).

Литература

1. *Pérez Díaz Lucía.* Kinematic and paleobathymetric evolution of the South Atlantic basin. 2017.
2. *Labrecque, J. L., & Hayes, D. E.* Seafloor spreading history of the Agulhas Basin // Earth and Planetary Science Letters. 1979. 45. №2. P. 411–428.
3. *Torsvik, T. H., Rousse, S., Labails, C., & Smethurst, M. A.* A new scheme for the opening of the South Atlantic Ocean and the dissection of an Aptian salt basin // Geophysical Journal International. 2009. 177. №3.p. 1315–1333.
4. *Marks K., Tikku A.* Cretaceous reconstructions of East Antarctica, Africa and Madagascar // Earth and Planetary Science Letters. 2001. 186. №3-4. P. 479–495.
5. *Le Roex A., Class C., O’Connor J., Jokat W.* Shona and Discovery Aseismic Ridge Systems, South Atlantic: Trace Element Evidence for Enriched Mantle Sources // Journal of Petrology. 2010. 51. №10. P. 2089–2120.
6. *Дубинин Е.П., Сущевская Н.М., Грохольский А.Л.* История развития спрединговых хребтов Южной Атлантики и пространственно-временное положение тройного соединения Буве // Российский журнал наук о Земле. 1999. Т. 1. № 5. С. 423–443.
7. *Marks K. M. Stock J. M.* Evolution of the Malvinas Plate South of Africa // Marine Geophysical Researches. 2001. 22. №4. P. 289–302.
8. *Шеменда А.Н.* Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. №10. С. 11.
9. *Hoernle K., Schwindrofska A., Werner R., van den Bogaard P., Hauff F., Uenzelmann-Neben G., and Garbe-Schönberg D. D.* Tectonic dissection and displacement of parts of Shona hotspot volcano 3500 km along the Agulhas-Falkland Fracture Zone. // Geology. 2016. 44. №4. P. 263–266.

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ОПОЛЗНИ В СКАЛЬНЫХ МАССИВАХ: ПРОБЛЕМАТИКА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фоменко И.К.[1], **Стром А.Л.**[2], **Зеркаль О.В.**[3], **Сироткина О.Н.**[3], **Барыкина О.С.**[3]

[1]*Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ); ifolga@gmail.com*
[2]*ООО "Центр Геодинамических исследований" (Москва); strom.alexandr@yandex.ru*
[3]*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; igzov@mail.ru, onsirotkina@gmail.com, ol.barykina2011@yandex.ru*

Крупномасштабные оползни в скальных массивах представляют собой одно из наиболее опасных и катастрофических природных явлений в горных, тектонически и сейсмически активных регионах. Будучи сравнительно редкими, они достигают десятков и сотен миллионов кубометров, а в отдельных случаях – нескольких кубических километров, и часто трансформируются в высокоподвижные каменные лавины, проходящие расстояние во многие километры и покрывающие площади в десятки квадратных километров. Нередко они создают высокие завальные плотины, прорыв которых может иметь еще более катастрофические последствия. Именно чрезвычайная тяжесть последствий делает изучение грандиозных оползней в скальных массивах одной из актуальных задач инженерной геологии. Исторические хроники содержат многочисленные упоминания о подобных геологических катастрофах, вызванных формированием крупномасштабных скальных оползней. Некоторые из них перечислены ниже:

563 г. – скальный оползень Таурднум у истока долины р. Роны, вызвавший цунами на Женевском озере высотой до 8-13 м.

1248 г. – скальный оползень Мон-Гранье, Савойя объемом ~500 млн. м^3, разрушивший г. Сен-Андрэ и несколько прилегающих селений, приведший к гибели около 10 тыс. человек.

1512 г. – скальный оползень Буза-ди-Бьяска, произошел на северо-западном склоне г. Пьязо Магно, образовавший завальное озеро протяженностью около 5 км и объемом до 100 млн. м^3, прорвавшееся в 1515 г., что привело к разрушениям в г. Бьяска и в долине р. Тичино.

1618 г. – скальный оползень на склоне горы Монте Конто (Италия), разрушивший г. Плёрс, погибло более 2500 человек.

1786 г. – разрушение сейсмогенной оползневой дамбы на р. Даду в провинции Сычуань (Китай), погибло около 100 тыс. человек.

1806 г. – скальный оползень Гольдау (Швейцария) объемом 40 млн. м^3, приведший к гибели ~500 человек.

1911 г. – скальный оползень в Таджикистане объемом 2,2 км^3, образовавший Усойский завал на р.Мургаб, что привело к возникновению Сарезского озера протяженностью 55,8 км и объемом около 17 км^3, создавшего долговременную угрозу для территории, на которой проживает порядка 2 млн. человек.

1914 г. – прорыв доисторической оползневой завальной плотины на р. Рио Барранкос

(Аргентина) с разрушениями по долине р. Рио Колорадо на расстоянии ~1000 км.

1949 г. – сейсмогенный Хаитский скальный оползень в Таджикистане объемом около 100 млн. м^3, практически полностью разрушивший одноименный город. Тысячи погибших.

1970 г. – сейсмогенная ледово-каменная лавина Уаскаран (Перу) объемом 60 млн. м^3, приведшая к гибели ~70 тыс. человек.

Следует учитывать, что крупномасштабные скальные оползни характеризуются наличием целого ряда специфических особенностей. В настоящее время представления о причинах образования крупномасштабных оползней и механизмах их формирования и развития весьма противоречивы и, в значительной мере, следуют определенным традициям, различающимся от региона к региону. Так, анализ многочисленных публикаций по крупномасштабным оползням Европейских Альп показывает, что в качестве основной причины их образования в подавляющем большинстве работ рассматривается дегляциация (деградация горного оледенения). В то же время аналогичные оползни на Памире, Тянь-Шане, на Кавказе традиционно связывают с сильными землетрясениями. При этом в Альпах известны сейсмогенные оползни (Домбрач, 1348 г.), а в Средней Азии и на Кавказе – крупномасштабные обрушения склонов, не связанные с землетрясениями (Айни (Таджикистан), 1964 г., Мачохский (Дагестан), 1963 г.).

Изучение крупных склоновых смещений, произошедших в прошлом, могут служить индикаторами сильных землетрясений, что особенно важно для районов, где исторические и инструментальные сведения о сейсмичности и других опасных природных явлениях имеются лишь за сравнительно короткий период наблюдений, существенно меньший периода повторяемости наиболее опасных сильных землетрясений. Следует подчеркнуть, что речь идет преимущественно о крупных оползнях, следы которых длительное время сохраняются в рельефе. Несомненно, что сильные землетрясения в горных районах являются одной из важнейших причин образования крупных оползней, однако для каждого конкретного случая, особенно когда речь идет о доисторических оползнях, роль сейсмогенного фактора в их образовании должна быть обоснована геолого-геоморфологическими данными и/или обратными расчетами устойчивости склонов. Еще одним методом, позволяющим делать обоснованные выводы о возможной причине обрушения высоких горных склонов на исследуемой территории, является определение их абсолютного возраста: доказательство одновозрастности нескольких крупных оползней является значимым аргументом в пользу их образования при сильном землетрясении.

Вопросами выделения признаков, указывающих на связь крупных оползней с землетрясениями научное сообщество занимается в течение десятилетий [1, 2, 3]. Однако разнообразие условий, в которых формируются такие оползни, их морфологическое сходство с оползнями, вызванными иными причинами, а также с ледниковыми образованиями, затрудняют однозначное решение этой проблемы.

Одним из наиболее эффективных методов решения перечисленных задач является математическое моделирование, применяемое как для оценки устойчивости склонов на оползнеопасных участках, так и при ретроспективном анализе на участках уже произошедших оползней. Как показал проведенный анализ [4], традиционно используемые методы псевдостатического и динамического анализов часто дают плохо коррелируемые между собой результаты. Практика математического моделирования с использованием

динамического анализа показывает, что пиковые ускорения не являются определяющим фактором при учете сейсмического воздействия. Не менее важны – период колебаний, их длительность, направление подхода сейсмических волн, крутизна склонов и т.д. Совершенствование методов математического моделирования оползневых процессов и, в частности, способов задания и учета сейсмических воздействий является еще одной важной научной проблемой. Результаты этих исследований позволят более уверенно прогнозировать оползневую опасность в сейсмоактивных горных районах России. Помимо этого, корректный учет сейсмических воздействий позволит проводить обратные расчеты устойчивости склонов на участках древних оползней и тем самым более обоснованно оценивать условия, приведшие к их образованию, и, в частности, связь таких оползней с сильными землетрясениями прошлого или изменениями климата.

Литература

1. *Crozier M.J.* Determination of palaeoseismicity from landslides. *In: Bell DH (ed.).* Landslides (Glissements de terrain). International Symposium, Christchurch, New Zealand. Balkema, Rotterdam, 1992. P. 1173–1180.
2. *Jibson R.W.* Use of landslides for paleoseismic analysis. Engineering Geology, 1996. Vol.43. Issue 4. P. 291–323. DOI: 10.1016/S0013-7952(96) 00039-7.
3. *Paleoseismology* (2009), Vol. 95, 2nd edn, editor: James McCalpin, Academic Press 2009, 629 p.
4. *Кан К., Зеркаль О.В., Фоменко И.К., Пономарев А.А.* Современные подходы к количественной оценке устойчивости склонов при сейсмическом воздействии. Инженерная геология, 2018. Т.13. № 1–2. С. 72–85. DOI: 10.25296/1993-5056-2018-13-1-2-72-85.

ВОЗМОЖНОСТИ МАЛОГЛУБИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИ ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ В ЗОНАХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Чегодаева А.Е., Владов М.Л.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
chegodaeva.ae@yandex.ru

Проблема напряженного состояния среды имеет большое значение при изучении инженерно-геологических процессов, строительстве целого ряда сооружений и изучения состояния строительных конструкций неразрушающими методами. Изучение данной проблемы с помощью сейсморазведки акустики или ультразвуковых методов, производится в большинстве случаев на основе кинематических параметров. Анализ динамических параметров волновых полей применяется значительно реже.

В докладе рассматриваются результаты сейсморазведки в трех тектонических зонах Южно-Якутского, Чульмаканского (Якутия), и Георгиевского (Крым) разломов. По кинематическим характеристикам можно определить опущенный блок по зонам пониженных скоростей, активность разлома – по изолиниям скорости доходящим до дневной поверхности, а также амплитуду смещения блоков. Однако, при таком распространенном подходе не рассматриваются динамические характеристики сейсмической записи, связь которых с напряженным состоянием смещенных блоков слабо изучена. Поэтому предлагается на основе известного строения перечисленных зон разломов изучить динамические характеристики в поднятых и опущенных блоках.

Динамические характеристики можно изучать на анализе микросейсмического шума и импульсов первых вступлений. Область микросейсмического шума выбиралась после прихода основных волн, а импульсы поперечных и продольных волн рассматривались от одного акта возбуждения. Для микросейсмического шума были рассмотрены отношения спектра горизонтальных компонент к спектру вертикальных компонент и величина аномалии спектральной плотности. А для импульсов продольных и поперечных волн – резонансные частоты на отношении нормированных и ненормированных модулей спектров, центральные частоты и амплитуды аномалий спектральной плотности.

Каждый из этих параметров рассматривался в поднятых и опущенных блоках, предварительно определенных по скоростным разрезам – кинематическим характеристикам.

Микросейсмический шум. По отношениям нормированных спектров горизонтальных и вертикальных компонент микросейсмического шума, рассматриваемых с двух сторон от разлома, можно определить поднятые и опущенные блоки – в опущенном блоке данное отношение всегда больше единицы, а значит, преобладают сдвиговые компоненты. А в поднятых блоках отношение всегда меньше значений в опущенном блоке, около и меньше единицы. По максимальным амплитудам спектральной плотности можно определить, что активный разлом (Чульмаканский) имеет значения значительно выше, чем неактивный (Южно-Якутский). А Георгиевский разлом (Крым) занимает промежуточное положение. Иными словами, показано, что динамические характеристики

микросейсмического шума отличны в поднятых и опущенных блоках, а также в активных и неактивных разломах. Но для наиболее качественных результатов анализа микросейсмического шума требуются специальные наблюдения с широкополосной сейсмологической аппаратурой. Приведенный в докладе пример служит лишь для демонстрации реальной зависимости динамических характеристик микросейсмического шума от напряженного состояния в зоне разлома даже при использовании записей малоглубинной сейсморазведки.

Импульсы продольных и поперечных волн. Анализу подвергаются характеристики импульсов волн, прошедших через скальные породы, блоки которых подверглись тектоническим напряжениям.

Отношение нормированных спектров поперечных и продольных волн в рабочем диапазоне частот имеют резонансные частоты. В поднятых блоках Чульмаканского и Южно-Якутского разлома значение резонансной частоты выше: в активном разломе почти в два раза, а в неактивном на пару Гц. В Георгиевском разломе зависимость противоположная. Центральные частоты спектральной плотности показывают те же зависимости: большие значения для поднятых блоков в Чульмаканском и Южно-Якутском разломе. По большим значениям амплитуды спектральной плотности также выделяется активный Чульмаканский разлом и в нем значения в поднятом блоке в 5 раз превосходят значения в опущенном блоке.

Лабораторный эксперимент. Рассмотренные зависимости кинетических и динамических характеристик на сейсмических записях, полученных в реальных условиях, могут дать только приблизительное понимание влияния напряжений. Для более точных результатов, необходимо зафиксировать как можно больше переменных – произвести лабораторные наблюдения с известными напряжениями. Были изучены сейсмические записи волн, проходящих через керн при пяти разных напряжениях.

Для кинематических характеристик с ростом напряжения наблюдается рост продольных и поперечных волн, подтверждая теоретические расчеты, при чем по убывающему графику отношения скоростей видно, что продольные скорости увеличиваются быстрее. Чувствительность кинематических характеристик к изменению напряжения составляет 1,5% 0,9 % и 0,3 % на 1 МПа.

Динамические характеристики были рассмотрены те же, что и при анализе импульсов на реальных разломах для того, чтобы из сравнить и определить относительные напряжения в разломах.

1. В лабораторном эксперименте выявлено, что с увеличением напряжения увеличивается значение резонансной частоты на графике отношений нормированных спектров. Вспомним, что повышенные значения резонансной частоты наблюдались в поднятых блоках Чульмаканского и Южно-Якутского разломов, значит там можно предположить большие напряжения.

2. Для центральных частот спектров продольных волн наблюдаются те же закономерности. Центральные частоты поперечных волн не изменяются с напряжением.

3. Также в лабораторном эксперименте установлено, что с ростом напряжения увеличивается максимальное значение спектральной плотности. В реальных разломах большие значения спектральной плотности у активных разломов в поднятых блоках.

Также стоит отметить, что чувствительность амплитуды к изменению давления равна 5 % на 1 МПа, что в разы больше, чем чувствительность скорости.

Выводы. Таким образом, кинематические и динамические параметры сейсмической записи отражают напряжения в зонах тектонических нарушений. По ним можно выделять поднятые и опущенные блоки, активные и неактивные разломы.

Например, опущенный блок будет характеризоваться:

1. Пониженными скоростями,

2. Повышенными значениями отношения спектров и амплитуд спектральной плотности для МСШ,

3. Пониженными значениями динамических характеристик импульсов первых вступлений, а значит и пониженным напряжением.

Также по отличным данным по частотам для Георгиевского разлома можно предположить его более сложное строение, чем предполагалось вначале.

Однако для более детального изучения разломов целесообразно комбинировать стандартные сейсмические работы с правильно организованными измерениями микросейсмических шумов, подвергать их и импульсы первых вступлений динамической обработке. Комплекс кинематических и динамических параметров помогут избежать ошибки в определении строения и активности разломов.

ВЛИЯНИЯ ВОЛНЫ РАЗГРУЗКИ НА ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Шажко Я.В., Шажко О.В., Ожегова Л.Д.

Институт физики горных процессов, г. Донецк, ДНР
syarilo@mail.ru

При прохождении волны разгрузки через твердое пористое тело (уголь, горная порода и т.д.) одновременно происходит два противоположно направленных процесса. С одной стороны, число трещин нарастает, а, с другой – среднее расстояние между ними соответственно падает. Это должно способствовать связыванию ими пор в единый кластер. Однако поскольку в трещины в первую очередь превращаются наиболее крупные поры, средний размер остающихся пор снижается, что уменьшает вероятность их взаимного пересечения с трещинами и, следовательно, образования искомого кластера.

Предположим, что данная среда характеризуется некоторой заданной структурой. Иными словами, - имеет место пористость, описываемая некоторой корреляционной функцией $G(r-r',t) = \langle p(r,t)\ p(r',t)\rangle$($p(r,t)$ – плотность вещества, заполняющего элемент объема в окрестности точки r в момент времени t). Данной пористости соответствует в каждый момент времени некоторая функция распределения пор по размерам $p_{пор} = p_{пор}(r,t)$, характеризуемая, среди прочего, средним радиусом поры $\langle r_{пор}(t)\rangle = \int r\, p_{пор}(r,t)\, dr$. [1].

Учитывая сказанное выше об изменении распределения пор по размерам, по мере превращения части из них в трещины найдем, при каких условиях среднее расстояние между трещинами станет меньше или равно среднему радиусу пор. Другими словами, выясним, при каком давлении (или, что тоже, на каком расстоянии от центра разрушения) происходит раскрытие закрытой пористости за счет разрастания системы трещин.

Полагая, что плотность угля $p(r,t)$ приближенно равна единице внутри вещества и близка к нулю внутри поры, можно считать, что корреляция соответственно

$$G(r,t)= \int p_{пор}(r,t)dr \text{ и } p_{пор}(r,t) = -дG(r,t)/дr.$$

Принимая также во внимание конкретную форму, характеризующую плотность системы уголь–газ, аналог дифференциальной пористости, получаем окончательно искомую функцию распределения пор по радиусам $p_{пор}(r,t)$.

Используя теперь формулу $L_{cr} = L_0/P2$ (P – локальное давление; L_0 – некоторая постоянная размерности длины, определяемая характеристиками среды и включающая в теории ее упругие модули и поверхностное натяжение [1]) и предполагая, что при данном P каждая пора, размер которой превышает L_{cr}, разрастается в трещину, интегрируя $p(r,t)$ по r от $L_0/P2$ до бесконечности, получаем зависимость числа трещин от давления

$$p_{тр}(P,t) = \int p(r,t)dr \quad (2)$$

Протекание по системе возникает тогда и только тогда, когда расстояние между трещинами оказывается меньше характерного масштаба пор: $L_{тр}(P,t) < \langle r_{пор}(P,t)\rangle$. Поскольку помимо давления $L_{тр}(P,t)$ определяется также исходной величиной L_0. Т.е., начиная с некоторого L_{cr}, которая для конкретных $r_{пор}(P,t)$ в единственной точке $P = P_{cr}$, весь метан, находящийся в системе закрытых пор, перейдет в трещины, из которых он будет выделяться путем интенсивной фильтрации [1].

Как видно из этих результатов, распространение волны способствует раскрытию пористости и выходу метана. Данный эффект может быть значительно снижен только при уменьшении общей доли открытых пор в исходной системе.

Литература

1. *Алексеев А.Д., Стариков Г.П., Филиппов А.Э.* Численное моделирование выхода из угля с учетом волны разгрузки и раскрытие пористости при изменении напряжений. // В сб. Проблеми гірничого тиску. Вып.9. Донецк: ДонГУ. 2003. С.120–151.

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ – ПРИРОДНЫЙ АРХИВ ПОСТУПЛЕНИЯ РАССЕЯННОГО ОСАДОЧНОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ АТМОСФЕРЫ

Шевченко В.П.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

vshevch@ocean.ru

Снежный покров является природным архивом, в котором накапливаются нерастворимые частицы (рассеянное осадочное вещество), вымытые из атмосферы во время снегопадов и осевшие в период между снегопадами [1–6]. Снежный покров фиксирует атмосферные выпадения за период, когда поступление аэрозольного вещества из почвы прилегающих районов минимально, и главное значение приобретает вещество, переносимое в атмосфере от дальних различных источников или от локальных антропогенных источников [7–11].

По степени антропогенного влияния на рассеянное осадочное вещество в снежном покрове выделяют районы импактные (в значительной мере подверженные поступлению эолового материала из близко расположенных промышленных центров или от транспортных путей) и фоновые (относительно удалённые от антропогенных источников).

Регулярные исследования рассеянного осадочного вещества в водосборе Белого моря проводятся с 2001 г. [12, 13]. Активные исследования нерастворимых частиц в снежном покрове проводятся в Сибири, включая водосбор р. Оби, несущей свои воды в Карское море [1, 14, 15]. С 2014 г. к этим исследованиям подключился коллектив ученых из Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Томского государственного университета и Geosciences Environment Toulouse, University of Toulouse, Франция [16].

Снег отбирали в конце зимы в шурфах до замерзшей почвы или льда на озёрах. В лаборатории снег растапливали и фильтровали через предварительно взвешенные ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0,45 мкм. Состав частиц был изучен с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 SEM (Tescan) с микрозондовым анализатором INCA Energy (Oxford Instruments) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Более подробно методика изучения проб описана в ряде работ [12, 13, 16].

В фоновых районах Субарктики концентрация нерастворимых частиц в снеге <5 мг/л. Это незначительно выше, чем фоновые для снежного покрова Арктики значения (<2 мг/л) [12, 16]. Значительно более высокие концентрации частиц отмечают в городах и вблизи них, а также в точках, расположенных вблизи районов добычи углеводородного сырья.

Взвешенное вещество снега состоит в фоновых районах в основном из биогенных и литогенных частиц, вблизи крупных городов преобладают литогенные и антропогенные частицы (черный углерод и пепловые частицы), а вблизи районов активной добычи углеводородного сырья преобладают черный углерод и пепловые частицы.

Черный (элементный, сажевый) углерод, являющийся важным компонентом аэрозолей и нерастворимых частиц, накапливающихся в снежном покрове, оказывает существенное влияние на климатические изменения и загрязнение Арктики и Субарктики

[17, 18]. Он состоит из субмикронных частиц и их агрегатов и может переноситься на большое расстояние от источника.

Расчет коэффициентов обогащения металлами относительно среднего состава верхней части континентальной земной коры [13, 19] позволил выявить химические элементы, для которых дополнительный (антропогенный) источник вещества является превалирующим – Cd, Pb, Bi, Zn, Sb, As.

Атмосферные выпадения оказывают существенное влияние на состав речного стока в моря и океаны. В Арктике и Субарктике это особенно актуально в период таяния снега.

Таким образом, показано, что рассеянное осадочное вещество, поступающее из атмосферы и накапливающееся в снежном покрове, играет важную роль в функционировании морских и наземных экосистем.

Автор признателен коллегам, участвовавшим в исследованиях рассеянного осадочного вещества в снежном покрове, и академику А.П. Лисицыну за поддержку.

Обобщение материалов выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 19-05-00938 и 19-05-50096).

Литература

1. *Бояркина А.П., Байковский В.В., Васильев Н.В. и др.* Аэрозоли в природных планшетах Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 157 с.
2. *Callaghan T.V., Johansson M., Brown R.D. et al.* Changing snow cover and its impacts // Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Climate Change and the Cryosphere. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2011. P. 4.1–4.58.
3. *Гришанцева Е.С., Сафронова Н.С., Кирпичникова Н.В.* Влияние атмосферных выбросов Конаковской ГРЭС на состояние снегового покрова района Иваньковского водохранилища // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2012. № 2. С. 135–142.
4. *Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Власов Д.В., Терская Е.В.* Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 4. С. 14–24.
5. *Голохваст К.С.* Атмосферные взвеси городов Дальнего Востока. Владивосток: Дальневосточный федеральный ун-т, 2013. 178 с.
6. *Василевич М.И., Василевич Р.С., Михайлов В.И., Кривошапкин П.В.* Оценка свойств атмосферных взвесей в снеге фоновых территорий таежной зоны Европейского северо-востока России // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 2. С. 184–190.
7. *Darby D.A., Burckle L.H., Clark D.L.* Airborne dust on the Arctic pack ice: Its composition and fallout rate // Earth Planet. Sci. Lett. 1974. V. 24. P. 166–172.
8. *Лисицын А.П.* Нерешенные проблемы океанологии Арктики // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. М.: Научный мир, 2001. С. 31–74.
9. *Шевченко В.П., Лисицын А.П., Полякова Е.И. и др.* Распределение и состав осадочного материала в снежном покрове дрейфующих льдов Арктики (пролив Фрама) // Доклады Академии наук. 2002. Т. 383. № 3. С. 385–389.
10. *Шевченко В.П., Коробов В.Б., Лисицын А.П. и др.* Первые данные о составе пыли, окрасившей снег на Европейском севере России в желтый цвет (март 2008 г.) // Доклады Академии наук. 2010. Т. 431. № 5. С. 675–679.
11. *Walker T.R., Young S.D., Crittenden P.D., Zhang H.* Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in north-eastern European Russia // Environmental Pollution. 2003. V. 121. P. 11–21.
12. *Шевченко В.П., Алиев Р.А., Бобров В.А. и др.* Эоловый материал в природных архивах // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С. 70–107.
13. *Стародымова Д.П.* Атмосферная поставка рассеянного осадочного вещества в Белое море и на его водосбор. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. М.: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2018. 225 с.
14. *Таловская А.В., Язиков Е.Г., Панченко М.В., Козлов В.С.* Мониторинг потоков аэрозольных выпадений в фоновых районах Томской области // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 6. С. 517–523.

15. *Ермолов Ю.В., Смоленцев Н.Б.* Зимний фоновый сток примесей атмосферы на юго-востоке Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т.33. № 1. С. 75–81.
16. *Шевченко В.П., Воробьев С.Н., Кирпотин С.Н. и др*. Исследование нерастворимых частиц в снежном покрове Западной Сибири на профиле от Томска до эстуария Оби // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 6. С. 499–504.
17. *Quinn P.K., Stohl A., Arneth A. et al.* The Impact of Black Carbon on Arctic Climate. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2011. 72 p.
18. *Evangeliou N., Shevchenko V.P., Yttri K.E. et al.* Origin of elemental carbon in snow from western Siberia and northwestern European Russia during winter–spring 2014, 2015 and 2016 // Atmospheric Chemistry and Physics. 2018. V. 18. P. 963–977.
19. *Rudnick R.L., Gao S.* Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry. V. 3: The crust. Amsterdam: Elsevier, 2003. P. 1–64.

ГОРНОКРЫМСКАЯ ОЛИСТОСТРОМА И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ВЕРХНЕЮРСКИХ ИЗВЕСТНЯКОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Юдин В. В.

МОО Крымская Академия наук

yudin_v_v@mail.ru

Известняковые формации позднеюрского возраста в Горном Крыму более 100 лет большинством геологов считаются расположенными на месте своего образования. При палеогеографических реконструкциях допускалось их почти повсеместное распространение с нарушениями субвертикальными разломами, малоамплитудными взбросами, сдвигами и «глубинными разломами». Такая модель устаревшей концепции фиксизма показана на всех государственных геологических картах и разрезах, начиная с работ Н.А. Головкинского, К.К. Фохта, М.В. Муратова и др. до настоящего времени.

Однако еще в 1925−1935 годах, известные геологи А.Д. Архангельский, А.С. Моисеев, Н.А. Преображенский, Д.В. Соколов и др. выделяли в Горном Крыму надвиги и шарьяжи с аллохтонным залеганием верхнеюрских известняков. Позже Ю.В. Казанцев в 1982 г. дополнительно обосновал структурно-мобилистскую модель строения Крыма. Известняковые массивы он интерпретировал как тектонические останцы «Шарьяжа Яйлы», с корневой зоной в Черном море [2 и др.]. Сотрудники МГУ (В.С. Милеев, С.Б. Розанов и др., 1995), поддерживали такую интерпретацию, но предполагали корневую зону шарьяжа на севере, в «Лозовской зоне смятия». Нашими детальными тектоническими исследованиями такие модели не подтвердились [5, 7].

С развитием глубоководного бурения, проблема правильной интерпретации распространения верхнеюрских карбонатных пород, включая рифы, стала особо актуальной при прогнозе перспектив нефтегазоносности акваторий. В 2000 году С.В. Поповичем была опубликована гипотеза о наличии в восточной части Черного моря верхнеюрско-нижнемеловой «карбонатной платформы» с рифами на вале Шатского и в Керченско-Таманском шельфе. По его оценкам ресурсы этих рифов «соответствуют запасам крупнейших нефтяных провинций планеты» [3, стр. 2]. По данным сейсморазведки он и его последователи выделили здесь серию высокоперспективных рифовых тел, включающих структуру Палласа. Аналогичные представления о «карбонатной платформе» с почти повсеместным распространением верхнеюрских толщ были опубликованы многими соавторами в ряде работ [1, 10, 11 и др.]. Все они основывались на наличии в Горном Крыму и на Кавказе рифовых массивов, расположенных на месте своего образования.

Ключом для понимания строения позднеюрского комплекса в черноморской акватории является правильная геодинамическая модель строения Горного Крыма. Наше многолетнее изучение полуострова с созданием сбалансированных карт и разрезов позволило выделить в регионе крупные разновозрастные оползневые комплексы [4−8 и др.]. Олистостромы состоят из отдельных, не связанных друг с другом массивов (олистолитов), сложенных известняками, и из матрикса, представленного хаотическим

скоплением обломочных и глинистых пород гравигенно-осадочного происхождения.

Региональная Горнокрымская олистострома раннемелового возраста была выделена нами четверть века назад [4–7]. Она распространена на обширной территории Главной гряды гор. Формирование микстита происходило в геодинамическом режиме начала задугового рифтогенеза, предшествовавшего раскрытию Черного моря. Олистолиты и олистоплаки сползли на территорию Крыма с юга в конце раннего мела. Они расположены незакономерно, в виде разрозненных и разновеликих массивов, которые окружены зеркалами скольжения и зонами дробления.

Матрикс Горнокрымской олистостромы представлен хаотически перемешанными и частично нормально-осадочными породами нижнего мела с локальными олистостромовыми горизонтами. Более 100 крупных олистолитов, размерами до первых километров, и олистоплак до первых десятков километров, состоят из известняков и местами подстилающих их конгломератов верхней юры. При смещениях массивов, в их основании при низких температурах и давлениях формировалась зона брекчирования гравигенно-тектонических контактов. На севере пологая фронтальная часть крупных олистолитов местами "впахивается" в матрикс с образованием субстратиграфического и стратиграфического налегания на него осадочных пород. По бокам олистолитов развиты «прилегающие» контакты или зоны брекчирования с зеркалами сдвигов. Залегание пород в известняках обычно пологое, но местами значительно осложнено эндогенными олигоцен-четвертичными надвигами и ретронадвигами, образующими чешуйчатую структуру Главной гряды Крымских гор.

Гравигенные тектонические контакты в основании массивов из верхнеюрских известняков и конгломератов наблюдаются в большинстве обнаженных участков [4−8]. Это видно в карьерах Мраморном, Гасфортском, Халыч-Бурукском, Агармышском и других. В них, и в естественных обнажениях под известняковыми массивами, по фауне выявлены более молодые и менее литифицированные раннемеловые глины [7]. Это подтверждено бурением в Юго-Западном Крыму (в скв. 48, 71), в районе с. Мраморное (скв. 5), у с. Краснопещерское и др. Такие взаимоотношения описаны более чем в 30 участках Горного и Предгорного Крыма. Их реальность не вызывают сомнений.

В других случаях верхнеюрские известняки и конгломераты залегают на более древних дислоцированных толщах от позднего триаса до средней юры. Но и в таких контактах местами обнаружены линзы более молодых глин с фораминиферами нижнего мела [4-8]. Примерами тому – южный и западный склоны г. Сев. Демерджи, западный склон г. Бойко, южный склон г. Ай-Петри и под ск. Ласпи. Феномен объясняется не полным пережатием пластичных глин нижнего мела при сползании олистолитов, которые под Главной грядой сохранились лишь фрагментарно.

О гравигенном (экзогенно-тектоническом) происхождении тектонических контактов в основании массивов из верхнеюрских известняков свидетельствуют отсутствие в них гидротермальных минералов, разнонаправленные борозды скольжения, характерные для оползневых дислокаций и др. По палеомагнитным и структурным данным, некоторые массивы известняков разворачивались, что связано с их индивидуальными условиями при оползании. О том же свидетельствует локальность и структурная разобщенность олистолитов по горизонтали и вертикали, без явных следов связи между ними. Важно

отметить, что в Предгорном Крыму по данным бурения и по многочисленным обнажениям, под нижнемеловыми отложениями верхнеюрские известняки отсутствуют, а классическое угловое несогласие к югу «исчезает» на расстоянии 8−20 км. То есть, разрозненные олистолиты из верхнеюрских пород в Горном Крыму залегают через гравигенно-тектонические контакты на и внутри толщ нижнего мела. При пережатии или отсутствии меловой толщи, они перекрывают флиш таврической серии, среднеюрскую молассу и меланжи по ним.

Добавим, что, по данным палеомагнитных исследований позднеюрские известняки г. Ай-Петри, формировались на 2 тыс. км южнее, чем ниже залегающие магматические породы средней юры [9]. Объяснение такого феномена сводится к следующему. В конце раннего мела олистолиты сползли к северу с предрифтогенного поднятия на месте еще не раскрытого Черноморского рифта. Ось раннемелового предрифтового поднятия располагалась южнее Южнокрымской коллизионной сутуры. Поэтому гравитационное смещение олистолитов к северу на 20–50 км, по сути, произошло с другого палеотеррейна Понтия, который до коллизии с Крымией в средней юре имел существенно более южное положение [9].

В Восточном Крыму олистолиты подстилаются автохтонным “крымским” верхнеюрским карбонатно-терригенным комплексом. Нигде в районе олистолиты не перекрывают и не впахиваются в верхнемеловые толщи. Их сползание на расстояние 20–50 км происходило с юга. Поэтому в полосе шельфа и батиали к югу от Крыма предполагать наличие верхнеюрских известняков неправильно.

Палинспастическая реконструкция сложных складчато-надвиговых кайнозойских структур Горного Крыма свидетельствует о большом (250 км) сокращении при складчатости зоны мезозойского осадконакопления [9]. Эта ныне субдуцированная зона формировалась на субокеанической коре Черного моря. Возраст этой новообразованной коры − меловой и присутствие в ней более древних пород, включая верхнеюрские известняки невозможно.

Таким образом, в Горном Крыму и прилегающей акватории Черного моря развита региональная Горнокрымская олистострома. Олистолиты и олистоплаки, сложенные верхнеюрскими известняками и конгломератами сползли с юга на 20-50 км в конце раннего мела и ныне в прилегающей к Крыму акватории отсутствуют. В самом Крыму они имеют локальное распространение, не образуют единую «Яйлинскую карбонатную платформу» и нереальный «Агармышский рифовый пояс» по [1, 10].

В соответствии с рифтогенно-спрединговым генезисом меловой океанической коры Черноморской впадины, более древние верхнеюрские карбонатные отложения в грабенах находиться не могут. Поэтому в шельфе, батиали и субабиссали они не слагают ни единую «региональную карбонатную платформу», ни четыре отдельные «платформы» по [1, 10, 11]. Локальные карбонатные массивы с сомнительными перспективами нефтегазоносности возможны лишь на верхних частях остаточныхгорстов, которые разделяют рифтогенно-спрединговые грабены Черного моря с океанической корой.

Работа выполнена по личной инициативе за свой счет.

Литература

1. *Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н.* Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. М.: Научный мир, 2007. 172 с.
2. *Казанцев Ю.В.* Тектоника Крыма. М. Наука, 1982. 112с.
3. *Попович С.В.* Перспективы открытия гигантских нефтегазоскоплений в карбонатных отложениях российского сектора Черного моря. //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений , 2000, № 7. С. 2–9.
4. *Юдин В. В.* Микститы Горного Крыма //Доклады АН. Москва, 1998, т. 363, № 5. С. 666–669.
5. *Юдин В. В.* О положении верхнеюрских массивов Горного Крыма.//Доповіді Національної академії наук України, Київ, 1999, № 2. С. 139–144.
6. *Юдин В. В.* Геодинамика Черноморско-Каспийского региона. Киев, УкрГГРИ,2008. 117 с.
7. *Юдин В.В.* Геодинамика Крыма. Монография. Симферополь, ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
8. *Юдин В. В*. Геология Крыма. Фотоатлас. Симферополь: Изд-во ИТ Ариал, 2017. 160 с.
9. *Юдин С.В., Юдин В.В.* Проблемы геодинамической интерпретации палеомагнитных данных Крыма. Тезисы докл. 2-й Междунар. конф. «Полевые практики в системе высшего профессионального образования» (Крым, п. Трудолюбовка, 1-5 августа 2007 г.) Санкт-Петербург, С-ПбГУ, 2007. С. 76–79.
10. *Nikishin A. M. Wanner M., Alekseev A. S., Almendinger O. A. , Fokin P. A., Gabdullin R. R., Khydoley A. K. , Kopaevich L. F., Mityukov A. V., Petrov E. I., Rubtsova E. V.* Mesozoic to recent geological history of southern Crimea and the Eastern Black Sea region/ The 11 authors. Published by The Geological Society of London. Downloaded from http://sp.lyellcollection.org/ by guest on November 3, 2015 H/ 24 p.
11. *Tari G. C., Simmons M. D.* History of deepwater exploration in the Black Sea and an overview of deepwater petroleum play types. Downloaded from http://sp.lyellcollection.org/ by GSL Maintenance User on May 4, 2018. Petroleum Geology of the Black Sea. Geological Society, London, Special Publications, 464, https: // doi.org / 10.1144 / SP464.16. 37 p.

ТЕКТОНИКА БЕЛЬБЕКСКОГО УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА В КРЫМУ

Юдин В. В.

МОО Крымская Академия наук

yudin_v_v@mail.ru

В районе с. Куйбышево на правом берегу р. Бельбек для студентов Ленинградского горного института много лет проводились учебные геологические практики. После 20-летнего перерыва, с 2018 г. практики ныне Санкт-Петербургского горного университета (СПбГУ) возобновились. Геологическими объектами при обучении студентов в основном были литологические разрезы мезозоя с многочисленной палеофауной.

Представления о тектонике района основывались на концепции фиксизма о разломно-мозаично-блоковом строении полигона СПбГУ [1 и мн. др.]. Считалось, что на северо-западе полигона расположена простая пологая моноклиналь, сложенная разными породами мела и палеогена. В основании моноклинали выделялось стратиграфическое угловое несогласие и ниже его – мощный комплекссложно смятых флишевых толщ позднего триаса – средней юры. Разрывы интерпретировались как беспорядочно ориентированные прямолинейные кубвертикальные «разломы», сбросы, сдвиги или взбросы. Основные модели тектонического строения в интерпретациях разных геологов приведены в монографии [2, три верхних разреза на рис. 5.2.1,]. Отличия вариантов строения заключались в противоречивом положении геометрически нереальных «разломов», а также в интерпретации направлений и амплитуд смещения их крыльев.

Полевое изучение тектоники Бельбекского района с использованием дополнительной методики дешифрирования аэрокосмических и фотоматериалов позволило выявить существенные отличия от ранее известных и традиционных представлений концепции фиксизма о простом вертикально-разломно-блоковом строении.

Новые выводы о тектонике района заключаются в следующем:

1. Показано, что выделенные ранее беспорядочно ориентированные субвертикальные разломы, включая «Бельбекский глубинный разлом», – отсутствуют. Они не сбалансированы, не допускают палинспастическую реконструкцию и геометрически нереальны. Главными являются послойные и секущие напластование надвиги северо-западного наклона.

2. Крупнейшим разрывом района полигона является выделенный нами в 1997 г Мартовский шарьяжный меланж, который ранее при изучении был пропущен. Внутреннее строение микстита и его положение в плане уточнено полевыми и дистанционными методами. Без этого высокоамплитудного надвига невозможно объяснение «исчезновения» углового несогласия с двух-трехкилометровым размывом юрских толщ всего в 10 км южнее полигона. Выделение Мартовского меланжа не допускает картирование в нем противоречивых стратонов (таврической, эскиординской, крымской, бельбекской и других свит), показанных на предшествующих геологических картах.

3. Выявлена тектоническая расслоенность мел-палеогеновых пород Куэстовой моноклинали по субпослойным надвигам, формирующим зоны дробления и принадвиговые

складки. Контакт в основании моноклинали Второй гряды Крымских гор следует считать первично несогласным, стратиграфическим, но сорванным пологим кайнозойскими Подкуэстовым надвигом с оперяющими разрывами. В основании карбонатного комплекса верхнего мела также выявлен послойный срыв.

4. Как и в других районах Предгорного Крыма, обоснована олистостромовая концепция положения мелких и крупных массивов биогермных известняков в толще нижнего мела.

5. Строение рассмотренного учебного геологического полигона в бассейне р. Бельбек сходно по строению с полигонами МГУ, С-ПБГУ, МГРИ и других ВУЗов в бассейне р. Бодрак. Там также существуют проблемы правильного современного понимания тектоники, геодинамики и устаревших представлений фиксизма о нереальных «разломах» включая глубинные, беспорядочных блоков и противоречивых свит в Симферопольском меланже. [2, 3].

Задачи дальнейшего изучения геологии Бельбекского учебного полигона следующие:

а)– детальное определение состава и возраста пород каждого из крупных кластолитов в Мартовском меланже;

б)– уточнение строения приразрывных складок и флэтов в Куэстовой моноклинали;

в)– детализация тектоники мел-палеогеновой комплекса пород с учетом выявленной тектонической расслоенности и возможного дуплексирования нижнемеловой толщи, как это выявлено восточнее в Баксанском районе;

г)– уточнение возраста отдельных массивов биогермных известняков в нижнемеловой толще.

Работа выполнена по личной инициативе за свой счет

Литература

1. *Кравцов А. Г., Шалимов А. И.* Стратиграфия нижнемеловых отложений бассейна среднего течения р. Бельбек (Юго-Западный Крым) Методические указания к учебной геологической практике в Крыму. Ленинград, Ленинградский горный институт, 1982. 27 с.
2. *Юдин В. В.* Геодинамика Крыма. Монография. Симферополь, ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
3. *Юдин В. В.* Геология Крыма. Фотоатлас. Симферополь. ИТ «Ариал», 2017. 160 с.

ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ИЗОТОПНО-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАОСАДКОВ ВИЛЕНГСКОЙ СВИТЫ ВЕТРЕНОГО ПОЯСА

Юшин К.И., Межеловский А.Д., Межеловская С.В.

ФГБОУ Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, г. Москва

yushin-kirill@mail.ru

Виленгская свита входит в состав вулканогенно-осадочного разреза палеопротерозойской структуры Ветреный пояс, расположенной на юго-востоке Фенноскандинавского щита.

По данным предшественников, терригенные образования виленгской свиты были выявлены как к северо-западу от р. Виленга (р. Чусрека, руч. Гремучий, г. Голец), так и к юго-востоку (Шардозеро, Ундозеро). Полоса развития пород свиты прослежена более чем на 250 км от г. Голец до р. Онега. В разрезе структуры метаосадки завершают терригенную часть и несогласно перекрываются коматиитовыми базальтами свиты ветреного пояса.

В составе свиты преобладают черные и темно-серые метапесчаники, метаалевролиты и сланцы по аргиллитам, реже встречаются сланцы по туфам основного состава и линзовидные пласты кремнистых пород. В верхней части разреза появляются олигомиктовые кварцитопесчаники [1].

Авторами были изучены отложения свиты по нескольким опорным объектам. Так в центральной и северо-западной части Ветреного пояса распространены черные, слоистые, скрытозернистые породы с афанитовой структурой и мелкой слоистостью. Петрографическое изучение показало, что в породы представлены очень тонкозернистым агрегатом, основные минералы: ферроавгит, бронзит, низкотемпературные амфиболы и кварц; в качестве акцессорных минералов присутствует ильменит, альмандин и титанит.

К северу от г. Голец, авторами впервые было описано коренное обнажение, представленное серо-зеленоватыми, местами бежевыми кварцитопесчаниками аркозового облика. Микроскопически установлены бластические ориентированные структуры. Главные минералы – кварц и полевые шпаты. Интерстиции заполнены бесцветными слюдами с высокими окрасками.

Таким образом, в составе виленгской свиты выделяется два типа осадочных пород: преимущественно граувакковые и аркозовые. Анализ петрогеохимических данных из граувакковых разностей указывает на повышенную кремнекислотность, фемический модуль – 0.25 может указывать на присутствие вулканогенного материала основного состава, гидролизатный, алюмокремниевый и натровый модули характеризуют породы как основные граувакки с существенной примесью глинистого материала. Показатели CIA и CIW указывают на низкую степень химического выветривания пород, а индекс ICV свидетельствует о низкой степени зрелости осадков.

Аркозовая составляющая, согласно минеральному составу характеризуется высокой кремнекислостностью, по гидролизатному модулю породы отвечают олигомиктовым и

мезомиктовым песчаникам. Фемичность пород низкая, а индексы CIA, CIW и ICV указывают на низкую степень выветривания и зрелости пород.

Из данных кварцитов были выделены зерна циркона и проведено U-Pb датирование методом лазерной абляции, выполненное в лаборатории инструментальных методов анализа ГИН СО РАН. Для 85 зерен получены конкордантные возраста. 90% зерен циркона имеют 207Pb/206Pb табличный возраст в интервале 2712–2944 млн лет с одним пиком – 2820 млн лет. Содержания Th находятся в пределах 6–373, U – 16–505 ppm. Отношения Th/U составляют 0,13–1,92. Самые древние зерна циркона показали 207Pb/206Pb возраст 3014 и 3094 млн лет, характеризуются призматической формой кристаллов с округлыми вершинами, невыраженной зональностью и ярким свечением в катодолюминесценции. Отношения Th/U 1,24 и 0,61 соответственно. Наиболее молодое зерно имеет 207Pb/206Pb возраст 2494 млн лет. Кристалл округлой формы, размером около 75 мкм с секториальной зональностью и ярким свечением. Содержания Th – 20, U – 35 ppm.

Таким образом, разрез виленгской свиты имеет неоднородный состав, отражающий изменения условий осадконакопления. По данным [2] породы свиты залегают без видимого несогласия на аркозовых кварцитопесчаниках кожозерской свиты прибрежно-морского генезиса. Отсюда можно предположить, что сформированный к этому времени морской бассейн начинал углубляться за счет прогибания территории, а состав области сноса кластики сменился с гранитного на базитовый. На это указывают незрелые граувакковые осадки с преобладанием глинистой и алевролитовой компоненты и мелкой ритмичной слоистостью. Преимущественно граувакковый состав в нижней части разреза указывает на существенную роль обломочного материала основного состава, источник которого находился в непосредственной близости. Отношение (Fe+Mn)/Ti имеет низкие значения, что указывает на отсутствие влияния эксгаляционной компоненты в процессе седиментации. Завершается разрез свиты незрелыми терригенными осадками – среднезернистыми кварцитами, что свидетельствует об обмелении бассейна и формировании прибрежно-морской зоны. Олиго- и мезомиктовый состав кварцитов, а также наличие серицита указывает на преобладание кислых пород в области сноса. Изотопные данные указывают на преобладание источника сноса с возрастом 2820 млн лет, а верхняя возрастная граница осадконакопления не превышает 2494 млн лет.

Литература

1. *Соколов В.А.* Геология шунгитоносных вулканогенно-осадочных образований протерозоя Карелии. Петрозаводск, Карелия, 1982. – 204 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Карельская. Листы P-37-I (Маленьга), P-37-VII (Сергиево). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. – 94 с. +1 вкл. (МПР РФ, ПГО «Архангельскгеология»).

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЖУНГАРСКОГО ОСАДОЧНО-ПОРОДНОГО БАССЕЙНА

Ян Хоуцян

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

yanghouqiang@qq.com

Джунгарский осадочно-породный бассейн, в пределах которого сформировался крупный Джунгарский нефтегазоносный бассейн (НГБ) западного Китая, находится в пределах Казахской платформы и граничит на северо-востоке и юге с Сибирской и Таримской платформами [1], на западе с Западно-Джунгарским, на северо-востоке с Алтайским, на востоке с Восточно-Джунгарским и на юге с Тянь-Шаньским орогенными поясами. По особенностям геологического строения в Джунгарском НГБ выделяется 6 положительных и отрицательных структур первого порядка и 44 структуры второго порядка, одной из которых является впадина Фукан.

Из-за сложности глубинного строения бассейна и трудности определения структуры его глубоких горизонтов по сейсмическим данным с низким разрешением, единого мнения об эволюции формирования Джунгарского осадочно-породного бассейна в настоящее время не существует.

По результатам интерпретации сейсмических профилей с высоким разрешением методом послойной инверсии (backstripping) [2] и с учетом разреза глубокой скважины MS1 предложена реконструкция возможной временной последовательности формирования Джунгарского осадочно-породного бассейна. По материалам бурения скважины MS1 были построены графики погружения палеозойского фундамента и последующего формирования осадочного чехла бассейна. Основываясь на эти данные, в геологической истории формирования Джунгарского осадочно-породного бассейна можно выделить 5 стадий:

1) блоковая стадия – формирование полуграбена и грабена (карбон-раннепермское время). Бассейн был протяжённым, на профиле можно увидеть комбинацию полуграбена и грабена.

2) перикратонного прогиба (среднепермско–триасовое время). В конце раннепермской эпохи в режиме сжатия с юга и севера в предгорьях образовалось множество впадин, в которых отлагались среднепермские терригенные осадки с большим количеством органического вещества (ОВ) преимущественно сапропелевого состава. В глинистых илах существовали благоприятные условия для сохранности ОВ. Эти отложения являются одной из основных нефтегазоматеринских толщ (НГМТ) Джунгарского НГБ и в его пределах впадины Фукан. В конце позднего триаса среднепермские НГМТ находились в главной зоне нефтеобразования, где происходила генерация и первичная миграция углеводородных флюидов, которые мигрировали в уже существовавшие стратиграфические и/или тектонические ловушки в верхнепермских и нижнетриасовых отложениях.

3) стадия сжатия (юрский период). В ранне–среднеюрское время на территории бассейна были широко распространены неглубокие пресноводные и соленые озера, где накапливались глинистые терригенные отложения. Нижне–среднеюрские глинистые отложения, обогащенные ОВ смешанного преимущественно гумусового состава, являются

также НГМТ впадины Фукан. В позднеюрскую эпоху в условиях сжатия произошло воздымание территории бассейна. Нефтяные залежи, образовавшиеся в позднетриасовую эпоху, вероятно, были частично или полностью разрушены в процессе тектонической активизации.

4) стадия прогибания (меловой и палеогеновый периоды). Джунгарский бассейн и прилегающие к нему районы погружались, площадь осадконакопления расширилась, в конце палеогена южная часть бассейна начала воздыматься в условиях сжатия.

5) стадия краевого прогиба (неогеновый и четвертичный периоды). В результате столкновения Индийской и Евразийской платформ Джунгарская плита переместилась к северным предгорьям Тянь-Шаня, ее южная окраина снова опустилась. В конце неогена глинистые нижне–среднеюрские НГМТ в южной части бассейна вошли в главную зону нефтеобразования, а поскольку они содержали большое количество ОВ, то обеспечили генерацию достаточного количества углеводородных флюидов для формирования залежей нефти, находящихся в восточной части впадины Фукан.

Литература

1. *Watts A.B., Ryan W.B.F.* Flexure of the lithosphere and continental margin basins // Tectonophysics.1976. V. 36 (1–3). P. 25–44.
2. *He Dengfa, Chen Xinfa, Zhang Yijie, et al*. Enrichment characteristics of oil and gas in Jungar basin // Acta Petrolei Sinica. 2004. 25 (3). 1- 10. *(in Chinese with English abstract).*

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ УРБАНИЗИРОВАННЫЙ ТЕРРИТОРИИ СЕВАСТОПОЛЯ

Ясенева Е.В.[1], Ясенева И.А.[2]

[1]*Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе;*

[2]*МГУ имени М.В. Ломоносова*

eyaseneva@yandex.ru

На урбанизированных территориях растительные организмы, в том числе и древесные виды, находятся под постоянным воздействием техногенных факторов: выбросов автотранспорта, теплоэлектростанций, промышленных предприятий. Проведенные ранее исследования урбанизированной территории города Севастополя [2, 3] показывают загрязнение атмосферного воздуха, об этом свидетельствуют превышения ПДК по взвешенным веществам, тяжелым металлам. Загрязняющие вещества аккумулируются в почвенном покрове, в различных частях и органах растений.

Материалы и методы исследования. Районом исследования является г. Севастополь. Для исследования были отобраны листья тополя бальзамического в октябре 2019 года. Отбор проб листьев проводился по равномерной сети по всему городу 4×4 км, по стандартной методике отбора проб растительного происхождения [1]. Всего на территории г. Севастополя было отобрано 45 проб листьев тополя в разных пунктах наблюдения. Листья отбирались из нижней части кроны дерево, на уровне поднятой руки (1,5–1,8 м.), с максимального количества доступных веток (стараясь задействовать ветки разных направлений, условно – на север, юг, запад, восток).

Пробы растений маркировались с указанием номера. Согласно методике, листья с деревьев и кустарников отбирают в перчатках. Для отбора проб используются ножи, садовые ножницы, сучкорезы. Масса биогеохимической пробы составляет 100–200 г сырого вещества. С одного вида дерева отбирают по 20–25 листьев в каждом пункте наблюдения. Время отбора – остановка вегетационного роста растений.

Для анализа использовались листья, просушенные при комнатной температуре. Исследование химических свойств было проведено на образцах растений в 2–5 повторностях. Полученные данные статистически обработали в программе Excel.

Оценка уровня загрязнения растительного покрова ТМ проводилась по показателям, разработанным при сопряженных биогеохимических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического вещества (Кк) и суммарный показатель загрязнения (СПЗ), поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав.

Химический состав городской растительности формируется под влиянием почвы и воздуха, испытывающих большие техногенные нагрузки.

Среди веществ и соединений, поступающих в атмосферу города из различных источников в виде газопылевых выбросов, основную долю составляют диоксид серы, оксид и диоксид углерода, оксиды азота и пыли различного химического состава.

Основная часть загрязнителей концентрируется в приземном слое атмосферы. Большую опасность для растений представляют тяжелые металлы. Реакция растений на загрязнение питающих их сред проявляется, прежде всего, в различии элементного состава городских растений и растений природных местообитаний. Различными авторами установлена видоспецифичность в поглощении растениями тяжелых металлов.

Биогеохимическими исследованиями установлена связь степени поражения растений и накоплением в них относительно фона ряда химических элементов (PЬ, St, V, Sr, Ag, Co, Cи, Zn) вблизи промышленных зон, автомобильных дорог. Отмечены признаки усыхания у 87 % деревьев, произрастающих вдоль крупных магистралей. К особо опасным для деревьев в случае их накопления относят кобальт, хром, медь, свинец, цинк, кадмий, ртуть.

Некоторые растения могут ограничивать поступление, регулировать аккумуляцию металлов на уровне организма, отдельных его органов, тканей клеток и регулировать передвижение из корней в стебли и листья. Определенная избирательная способность корневого поглощения позволяет растению избегать избыточной аккумуляции металлов.

Для сравнения степени накопления ТМ растениями города и естественных местообитаний был рассчитан коэффициент концентрации (Кк) для листьев тополя. В городских условиях листья тополя активно накапливают Pb, Ni, Zn и Cu. Повышенное биопоглощение Zn и Ni обусловлено биофильностью данных элементов и безбарьерным характером их поглощения большинством видов растений.

Основным источником формирования микроэлементного состава растений считается запас обменных форм ТМ в почве. Поэтому для оценки интенсивности поглощения ТМ городскими растениями был выбран коэффициент биогеохимического поглощения (КБП).

Интенсивность загрязнения среды отражается аккумуляцией в листьях Pb, Cu и Zn. Так, средняя величина КБП Pb для листьев тополя в городе составляет 0,14, Cu – 41,67, Zn – 10,74.

Листья деревьев в естественных условиях накапливают ТМ следующим образом: Fe < Cu < Pb < Ni < Co < Zn. В городских условиях величины КБП ТМ листьями растений увеличиваются в ряду Fe < Pb < Cr < Zn < Cu, то есть под действием антропогенного пресса увеличивается интенсивность накопления ими Cu и Pb и снижается потребление Ni и Co (данные элементы не зафиксированы при измерениях).

На основании расчетов КПБ (коэффициента биологического поглощения) можно построить ряд биологического поглощения элементов. В ней отражается анализ интенсивности биологического поглощения в зависимости от древесной формы растений.

Результатом расчетов стал коэффициент биологического активности, он является суммарным показателем всех КПБ.

На основе данных о КПБ элементов рассчитана биогеохимическая активность (БХА) тяжелых металлов в листьях тополя. Анализ величин БХА для исследуемых образцов позволяет, прежде всего, заключить, что активность металлов в целом находится на одинаковом уровне. Из общей картины выбиваются следующие точки: № 7, 9, 11 (приурочены к селитебной зоне, близко от загруженных автомагистралей), 43 (данная станция относится к промышленной зоне).

Следует отметить, что содержание ТМ в зеленых частях растений города Севастополя не превышает ПДК, которые составляют, по данным разных авторов, для Cu − 15–30 мг/кг, для Zn – 150–300 мг/кг, для Ni – 0,5–3 мг/кг и для Pb – 0,2–20 мг/кг. Исключение составляют листья тополя, которые накапливают несколько больше Cu. Активно накапливается тополем и Zn, то есть данный вид наиболее эффективно выполняет средоочищающие функции.

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

Литература

1. Методические рекомендации [МГУ институт экспериментальной метеорологии] / Н. Г. Зырина. М.: Изд-во Гидрометеоиздат, 1981. – 108с.
2. *Ясенева Е.В.* Геоэкологическая обстановка урбанизированных территории Крыма (на примере г. Севастополя). Автореф.дисс…Москва, 2010 г. – 26 с.
3. *Ясенева Е.В., Ясенева И.А.* Содержание тяжелых металлов в почвах Севастополя // Использование и охрана природных ресурсов в России. — 2019. — № 2 — С. 80–85

9 785001 714156

«Инновации в геологии, геофизике, географии–2020»

5-ая Международная научно-практическая конференция

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 15, ком. 536
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 16.09.2020.
Объем Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 652.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Напоминаем, что **6-ая Международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике и географии-2021»** пройдет **с 05 по 11 июля 2021 года.**

Новая инорфмация о конференции появится в начале декабря 2020 года на нашем сайте http://2020.inno-earthscience.com.

До встречи в новом году, здоровья и всего Вам самого наилучшего!

Ваш оргкомитет