

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

***ЛОМОНОСОВСКИЕ
ЧТЕНИЯ***

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ

***Подсекция
динамической геологии***

Руководитель – зав. кафедрой, профессор Короновский Н.В.

СБОРНИК
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва
2020

Содержание:

1.	Новейшие структуры северо-восточной части Таймырского полуострова Г.В. Брянцева, Л.И. Демина, М.Ю. Промыслова, Н.И. Косевич	2
2.	Интродукция Становских офиолитов (Северо-Восточный Таймыр) Л.И. Демина, В.С. Захаров, М.Ю. Промыслова	4
3.	3. Геологическое строение верховья р. Бельбек (Юго-Западный Крым) А.Н. Стафеев, Т.В. Суханова, И.В. Латышева, В.Л. Косоруков, Д.О. Жиренко, А.В. Страшко	6
4.	Морфометрический анализ рельефа Северо-Западного Кавказа А.О. Агибалов, В.А. Зайцев	9
5.	Погребённый рельеф на территории размещения атомных станций Т.В. Суханова, Н.В. Макарова, В.М. Макеев	11
6.	Особые структурные формы (ОСФ) Московского региона А.И. Полетаев	14
7.	Палеомагнетизм мезопротерозойских габбро-долеритов оазиса Бангера Восточной Антарктиды: возможные геотектонические следствия В.Ю. Водовозов, Г.Л. Лейченков, Е.В. Михальский	18
8.	К вопросу о древнейших суперконтинентах Н. А. Божко	21
9.	Особенности новейшей геодинамики Северо-Западного и Центрального Кавказа Л.В. Панина, В.А. Зайцев	24
10.	Смена обстановки растяжения сдвиговой обстановкой: физическое моделирование и природные примеры в платформенных областях Н.С. Фролова, А.А. Мишакина, А.Н. Корбутяк	28

НОВЕЙШИЕ СТРУКТУРЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАЙМЫРСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Г.В. Брянцева, Л.И. Демина, М.Ю. Промыслова, Н.И. Косевич

Новейший этап тектонического развития Таймырского полуострова, представляющего собой часть Западно-Арктической континентальной пассивной окраины Евразийского бассейна, начался по разным данным в среднем–позднем эоцене [Афанасенков и др., 2016], олигоцене [Мусатов, 1996] или на их границе [Drachev et al, 2018].

Большинство исследователей связывают активизацию тектонических процессов на Таймыре с раскрытием Евразийского бассейна, начало которого в регионе произошло в конце палеоцена примерно 56 млн лет назад. Активизация тектонических движений в пределах Северо-Восточного Таймыра наступила несколько позже – в конце эоцена-начале олигоцена [Drachev et al., 2018]. Впоследствии Таймырский ороген неоднократно испытывал тектоническую активизацию, последняя из которых началась на рубеже среднего и позднего плейстоцена [Федоров и др., 2001].

В результате детального изучения топографических карт разного масштаба с помощью специального метода, который в значительной степени был разработан Н.П. Костенко [Костенко, 1999], были построены структурно-геоморфологические схемы для северо-восточной части Таймырского полуострова, что позволило выделить новейшие структурные формы, а также разрывные нарушения разного порядка.

В новейшей структуре северо-восточной части Таймырского полуострова наблюдаются неотектонические поднятия сводово-блокового типа, наибольшие высоты среди которых имеет Быррангское горное сооружение. Хребты расчленены каньонообразными речными долинами север-северо-восточного простирания и фрагментированы разрывами северо-западного простирания, также разрабатываемыми реками. Блоки имеют разные углы наклона и часто хорошо заметные горизонтальные смещения друг относительно друга. Впадины, разделяющие горные сооружения, испытывают устойчивое опускание в новейший период. Они также разбиты на блоки дизъюнктивными нарушениями как северо-восточного, так и северо-западного простирания. Таким образом, морфоструктурный план северо-восточной части полуострова, как, впрочем, и всей Таймырской складчатой области, контролируется сетью ортогональных разрывных нарушений северо-восточного и северо-западного направлений.

В целом наблюдается нарастание интенсивности неотектонических процессов с юго-запада на северо-восток, что обусловлено приближением к зоне спрединга хребта Гаккеля

Северного Ледовитого океана [Брянцева и др., 2019]. В этом же направлении повышается тектоническая раздробленность Таймыра и высота горных сооружений. На востоке также довольно часто проявляется сейсмическая активность, в то время как на западе она присутствует, но крайне редка. Северо-Восточный Таймыр пространственно входит в Лено-Таймырскую зону землетрясений Арктико-Азиатского сейсмического пояса [Имаева и др., 2019]. Землетрясения приурочены преимущественно к зоне Хатангско-Ломоносовского трансформного разлома, относящегося к правому сдвигу и простирающегося в северо-восточном направлении, как и основные тектонические структуры Таймырской складчатой области. Смещения по древним разрывам этого направления также носят правосдвиговый характер, что указывает на суперпозицию современных процессов океанического рифтогенеза на более древнюю структуру Таймырской складчатой области.

Разрывные нарушения и зоны трещиноватости северо-западного направления, по-видимому, являются более молодыми и, как правило, имеют левосдвиговую природу. Указанные дизъюнктивные нарушения секут разломные зоны северо-восточного простирания, смещение достигает нескольких километров.

Литература

Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В. и др. Тектоника и этапы геологической истории Енисей-Хатангского бассейна и сопряженного Таймырского орогена // Геотектоника, 2016. № 2. С. 23–42.

Брянцева Г.В., Демина Л.И., Промылова М.Ю., Косевич Н.И. Новейшие структуры Западного Таймыра // Вест. Моск. ун-та, 2019. Сер. 4. Геология. № 6. С. 17–23.

Имаева Л.П., Гусев Г.С., Имаев В.С. Динамика рельефа и сейсмотектоническая активизация новейших структур дельты р. Лена // Геотектоника. 2019. № 5. С. 62–71.

Костенко Н.П. Геоморфология. М.: изд-во МГУ. 1999. 383 с.

Мусатов Е.Е. Неотектоника арктических континентальных окраин // Физика Земли. 1996. № 12. С. 72–78.

Федоров Г.Б., Антонов О.М., Большианов Д.Ю. Особенности режима современных тектонических движений Центрального Таймыра // Известия русского географического общества. 2001. Т. 133. Вып. 1. С. 76–81.

Drachev S.S., Mazur S., Campbell S., Green C., Tishchenko A. Crustal architecture of the East Siberian Arctic Shelf and adjacent Arctic Ocean constrained by seismic data and gravity modeling results // J. of Geodynamics. 2018. P. 1–78.

ИНТРОДУКЦИЯ СТАНОВСКИХ ОФИОЛИТОВ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ТАЙМЫР)

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

Основным механизмом поступления офиолитов в земную кору в настоящее время считается обдукция – надвигание тектонических пластин, сложенных фрагментами океанической коры, на континентальную окраину [Колман, 1977]. При этом образуется один тектонический контакт, метаморфическая подошва и интровертированная зональность в породах автохтона. 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 понимания геологического положения Становских офиолитов Фаддеевского блока Северо-Восточного Таймыра.

В бассейне р. Становой 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: $T=615-690^{\circ}\text{C}$; $P=6,5-8,6$ кбар [2]. 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: $T=580-660^{\circ}\text{C}$; $P=5,5-6,8$ кбар. Становской комплекс занимает промежуточное положение между Западным и Восточным, от которых он отделен разрывами. Весьма разнообразные по составу и степени метаморфизма породы тесно ассоциируются здесь с линзовидными телами серпентинитов. Внутреннее строение комплекса весьма сложное. Многочисленными субмеридиональными, субширотными, СЗ и СВ разрывами породы в его пределах разбиты на отдельные блоки размером от нескольких метров до первых километров, а также сильно деформированы с образованием кинкбандов и стилолитовых швов. Метаморфизм характеризуется высокими давлениями (до 10 кбар) и относительно низкими температурами ($500-520^{\circ}\text{C}$).

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 [6], а не традиционной обдукции офиолитов.

Результаты численного моделирования конвергенции (субдукции – коллизии) позволяют предложить сценарий, объясняющий наличие фрагментов океанической коры в составе континентальной коры 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 сначала формируется задуговой бассейн с вновь образованной океанической корой, которая впоследствии при его закрытии внедряется в центральную часть коллизионного орогена.

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., Промылова М.Ю. Метаморфические комплексы Фаддеевского тектонического блока Северо-Восточного Таймыра // Динамическая геология. 2019. №2. С. 4–16.
5. Демина Л.И., Захаров В.С., Промылова М.Ю. Становские офиолиты Фаддеевского блока Северо-Восточного Таймыра: обдукция или интродукция? Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы ЛП Тектонического совещания. Т. 1 М.: ГЕОС. 2020. С. 205–208.
6. 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.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕРХОВЬЯ Р. БЕЛЬБЕК (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

А.Н. Стафеев, Т.В. Суханова, И.В. Латышева, В.Л. Косоруков, Д.О. Жиренко,
А.В. Страшко

Долина р. Бельбек выше слияния с р. Коккозка прорезает толщу турбидитов таврической серии и вулканогенно-осадочную толщу средней юры. Описание обнажений, анализ прозрачных шлифов, результаты рентгенофазового анализа минерального состава глин позволили выделить пачки и толщи, отличающиеся составом и условиями образования.

На участках от с. Аромат до с. Плотинное, и выше по долине от левого притока Салкын-дере до с. Счастлиное обнажаются тонкоритмичные турбидиты. Толщина ритмов составляет 10-50 до 70 см; толщина прослоев песчаников до 10 см, редко до 20 см, аргиллиты содержат конкреционные прослои сидеритов. Песчаники серые и зеленовато-серые, тонко- и мелкозернистые (0,05-0,2 мм), зерна неокатанные, сортировка хорошая и средняя, по составу отвечают грауваккам и кварцевым грауваккам, содержание кварца в них составляет 40-60%. Среди других обломков встречаются вулканиты, кремни, мусковит, редко биотит, плагиоклазы, карбонатные обломки. Цемент регенерационный и пленочный глинистый, есть вторичный кальцитовый и сидеритовый. Предположительно турбидиты относятся к верхнетаврической свите (J₁₋₂ p-b₁). В отличие от триасовой нижнетаврической свиты они формировались в условиях гумидного климата и часто содержат каолинит [2]. В исследованных образцах содержание каолинита в южном направлении снижается с 28 до 18%, а в породах самых южных выходов он не установлен. Отсутствие каолинита может быть связано с его разрушением при длительной переработке осадочного материала на мелководье в щелочной среде. Максимальное содержание каолинита в отложениях нижней и средней юры характерно для северного борта Таврического бассейна, его снижение и исчезновение в южном направлении свидетельствуют о транспортировке материала с севера.

Простираются фрагменты моноклиналей и осей складок толщи турбидитов СВ 40-50°, иногда складки лежачие, вероятно, некоторые из них имеют оползневое происхождение. Северо-восточнее, в верховье р. Стиля (левом притоке р. Кача) на простирании толщи турбидитов обнаружены линзы среднелейасовых известняков [1].

На участке от с. Плотинное до притока Салкын-дере (400 м выше моста и поворота дороги на с. Нагорное) обнажается пологопадающая на северо-запад моноклинали, сложенная серовато-зелеными плитчатыми песчаниками разномелкозернистыми (0,05-0,3 мм), обломки неокатанные, на плоскостях напластования многочисленный углефицированный растительный

детрит. Кварца мало, есть вулканиты, слюды, обломки карбонатов. Цемент глинистый пленочный и поровый, содержит смектит (5%) и хлорит-смектит (7%), возможно, по вулканическому пеплу. Подстилающие отложения не обнажены, но на крутом уступе 3 надпойменной террасы левого борта долины в 250 м выше моста обнажается единичная линза светло-серых песчаников толщиной до 3 м и протяженностью вдоль склона 7-8 м, залегающая конформно моноклинали, вероятно, в слабо литифицированной алевропелитовой толще. Песчаник светлый, слоистый, цемент глинистый пленочный, а также вторичный базальный карбонатный. Зерна неокатанные и плохо окатанные, сортировка средняя. Размер зерен 0,05-0,3 мм. Кварца - около 40%, плагиоклазов около 5-10%. Присутствуют кремни, слюды, карбонатизированные вулканиты. В отличие от вышележащей толщи, в линзе песчаников подстилающей толщи каолинит не обнаружен.

На правом склоне левого притока Салкын-дере по тектоническому контакту залегает пачка алевропелитов. Глинистые частицы в них ориентированы в 2 направлениях, вероятно, по слоистости и по сланцеватости. Алевритовые зерна: кварц, плагиоклазы, слюды. Наличие гётита (5%), вероятно, говорит о мелководном образовании. Содержание каолинита составляет 10-11%. Пачка может занимать в разрезе промежуточное положение между толщиной вулканомиктовых песчаников и глинистой пачкой с линзой песчаников. Литологически вся толща в целом похожа на байос-батские отложения в устьевой части Большого каньона Крыма, а также на верхнебайосскую толщу в бассейне р. Бодрак.

Выходы вулканогенно-осадочной толщи в долине р. Бельбек прослеживаются также между селами Счастливое и Многогоречье у подножия Главной гряды Крыма. Самые южные выходы обнажаются в с. Многогоречье и ниже по долине в ряде мест на склоне выемки асфальтированной дороги. Породы представлены песчаниками плитчатыми серовато-зелеными мелкозернистыми и алевритовыми тонкослоистыми с прослоями аргиллитов. Сортировка хорошая и средняя, размер зерен 0,05 до 0,3 мм. Преобладают неокатанные обломки, встречаются и плохо окатанные. Есть углефицированные древесные остатки. Состав обломков: кварц (около 40%), измененные плагиоклазы, фельзиты, микрозернистые породы типа кремней, есть вулканокластический материал. Цемент глинистый, пленочный. Породы в целом очень похожи на описанные выше в районе с. Плотинное.

В 1 км севернее с. Многогоречье вдоль склона восточной обочины асфальтированной дороги на площадке заброшенного карьера размером 100x70 м лежат обломки разнообразных вулканитов, включая крупные глыбы размером 1x1 м жерловых фаций с приваренными фрагментами экзоконтактовых роговиков. Карьером вскрывается склон стратовулкана, сложенный чередованием (от 5-7 см до десятков см) туфов и лавобрекчий. В разрезе

преобладают туфы кристалло-литокластические с размером частиц до 1-3 редко до 5 мм. Породы состоят из разных обломков: фрагменты и целые зерна пироксенов и плагиоклазов в разной степени измененные, обломки раскристаллизованного вулканического стекла, кальцитовые зерна. В породах из туфогенного прослоя обнаружено черное включение неправильной формы, сложенное непрозрачным, изотропным веществом, похожим на уголь. В туфогенных породах на отдельных участках развит вторичный карбонатный базальный цемент, редко встречаются обломки раковин моллюсков и терригенный кварц.

Следующей по распространенности среди вулканитов породой являются лавобрекчии. Порода как будто состоит из отдельных фрагментов (5 мм и более) неправильной формы, иногда с порфировой структурой, границы обломков четкие, сглаженные, между отдельными кусочками располагается микрозернистое зеленое хлоритизированное вещество. Есть плагиоклаз, замещенный соссюритом – скорее всего, он имеет основной состава. Во вкрапленниках есть идиоморфные кристаллы пироксена.

Редко встречаются тонкие прослои туфов или туфопесчаников с отчетливой плоскопараллельной текстурой - вытянутые зерна ориентированы. Они состоят в большей части из обломков вулканического происхождения (микрозернистые породы преобладают, присутствуют кристаллокласты плагиоклазов). Терригенная примесь – обломки кварца размером около 0,1 мм неокатанные, редко плохо окатанные (как будто немного округлой или изометричной формы). Цемент хлоритовый. Скорее всего, перенос материала осуществлялся в воде.

Жерловые фации представлены свежей лавой. Её структура порфировая, вкрапленники – плагиоклазы (зональные, и деформированные), клинопироксен, скелетные кристаллы плагиоклаза, присутствует единичное зерно идиоморфного кварца.

Судя по наличию основных и средних плагиоклазов, а в ряде случаев – вкрапленников клинопироксенов, состав расплава являлся базальтовым и андезибазальтовым.

В подошве одного из слоев кристалло-литокластического туфа обнаружен нетипичный экземпляр белемнита *Belemnopsis aff. subbeurichi* (Riegraf, 1980) - с переходной морфологией между позднебайосским видом *B. subbeurichi* (характерен для зоны Parkinsoni) и раннебатским *B. beurichi* (встречается в нижней части зоны Zigzag), иными словами, он должен относиться к пограничному интервалу байос/бат (определение А.П. Ипполитова, ГИН РАН).

Литература

1. Моисеев А.С. О херсонесском (киммерийском) горообразовании и его проявлении в Крыму // Тр. Ленингр. о-ва естество-исп. 1937. Т. 66. Вып. 1. С. 6-33.

2. Стафеев А.Н., Суханова Т.В., Латышева И.В., Косоруков В.Л., Ростовцева Ю.И., Смирнова С.Б. Новые данные о геологии Лозовской зоны (верхний триас – средняя юра) Горного Крыма // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2015. № 5. С. 21-33.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

А.О. Агибалов (вед. инж., ИФЗ РАН), В.А. Зайцев (в. н. с., МГУ им. М.В. Ломоносова)

Цель работы – показать влияние современных геодинамических процессов на облик рельефа Северо-Западного Кавказа. Для решения поставленной задачи нами было проведено сопоставление морфометрических параметров рельефа с различными показателями, характеризующими особенности протекания этих процессов - плотностями эпицентров землетрясений и активных разломов [4], скоростями современных вертикальных движений [3]. Выполненный нами комплексный морфометрический анализ цифровой модели рельефа включал расчет следующих показателей: 1) крутизны склонов; 2) стандартных отклонений высот; 3) глубины вертикального расчленения, определенной по формуле [5]; 4) плотности линеаментов; 5) разностей базисных поверхностей 3 и 4, 4 и 5, 5 и 6 порядков, построенных с использованием автоматизированных алгоритмов программы «ArcGis» по методике [1]. Упомянутые морфометрические параметры опосредованным образом связаны с направленностью тектонических движений. Например, участки, отличающиеся повышенной вертикальной и горизонтальной расчлененностью рельефа и выделяющиеся по высоким значениям параметров 1-4, как правило, приурочены к областям поднятий [2], для которых также характерны положительные аномалии разности базисных поверхностей [6].

Основным результатом работы является установленная численная корреляция между морфометрическими параметрами рельефа и показателями, характеризующими сейсмичность Северо-Западного Кавказа (таблица).

	Плотность эпицентров землетрясений, км ⁻¹	Скорость вертикальных движений, мм/год	Плотность активных разломов, км ⁻¹
Высота рельефа, м	0,70	0,79	0,53
Крутизна склонов, °	0,74	0,72	0,70
Стандартные отклонения высот, м	0,75	0,76	0,70
Глубина вертикального расчленения, м	0,76	0,78	0,70
Плотность линеаментов, км ⁻¹	0,41	0,64	0,68
Разности базисных поверхностей, м:			
а) 3 и 4 порядков	0,48	0,53	0,44
б) 4 и 5 порядков	0,39	0,46	0,35
в) 5 и 6 порядков	0,45	0,57	0,39

Таблица. Коэффициенты корреляции Пирсона между морфометрическими параметрами рельефа и показателями, характеризующими сейсмичность Северо-Западного Кавказа

Его значимость связана с тем, что оценка влияния современных тектонических процессов на рельеф была проведена на количественном уровне.

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы ИФЗ РАН и при финансовой поддержке РФФИ в рамках конкурса научных проектов КОМФИ 18-00-00247, входящего в состав комплексного проекта (18-00-00344).

Литература

1. Нгуманов И.И., Нгуманова Е.Г., Чернова И.Ю. Основы морфометрического поиска неотектонических структур. Казань: Казанский университет, 2016. 53 с.
2. Нетребин П.Б. Морфометрический анализ рельефа Большого Кавказа. Дис. ... канд. геогр. наук. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2012. 227 с.
3. Овсяченко А.Н. Сейсмотектоника и элементы современной геодинамики Северо-Западного Кавказа по данным палеосейсмологических исследований. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ИФЗ РАН, 2006. 172 с.
4. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. Эндогенные опасности Большого Кавказа. М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.
5. Спиридонов А.И. Геоморфологическое картографирование. М., Недра, 1975. 184 с.
6. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур / под ред. А.А. Корженевского. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1960. 91 с.

ПОГРЕБЕННЫЙ РЕЛЬЕФ НА ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Т.В. Суханова, Н.В. Макарова, В.М. Макеев

Одним из важнейших условий при выборе территорий для размещения особо опасных технически сложных объектов, в том числе, атомных станций, является геологическое строение, в котором рассматривается вещественный состав пород основания для реакторных отделений и других зданий, от самых древних пород фундамента до четвертичных отложений, трещиноватость разновозрастных пород, погребенные разломы фундамента и осадочного чехла, неотектоническая структура, геодинамическая обстановка формирования новейших поднятий и прогибов, рельеф, современные геологические процессы как показатель тектонической активности. Особое значение в этом геологическом блоке при оценке устойчивости грунтов основания имеет погребенный рельеф, который при неблагоприятных условиях, в частности, литологии пород, может способствовать развитию негативных процессов, таких как просадки, подтопление, оползание, обрушение, и другие, вызывающих деформации, крены и осадки сооружений. Примеры таких явлений можно наблюдать на территориях размещения некоторых АЭС на Восточно-Европейской платформе, находящихся на разных рабочих этапах – приостановления строительства (Нижегородская), окончания строительства (Белорусская) или эксплуатации (Курская, Ростовская, Нововоронежская). Погребенный рельеф на их территориях изучался по данным бурения и геофизики на основе опыта наших предыдущих исследований районов размещения АЭС [1].

Основными формами погребенного рельефа, выделенными при анализе полученных данных, являются эрозионные врезы, вскрываемые в кровлях разновозрастных поверхностей. Они выработаны в литологически неоднородных отложениях и выражены пологими ложбинами, глубокими палеоруслуями, широкими долинами. Образование эрозионных форм связано с действием постоянных или временных водных потоков во время длительных континентальных условий развития территорий в дочетвертичное время или в отдельные отрезки четвертичного периода. Образованные русла заполнялись обломочным материалом и перекрывались более молодыми отложениями. На территории Нововоронежской АЭС в кровле верхнедевонских отложений выявлены широкие (до 300 м) неглубокие (5-7 м) погребенные ложбины. Поскольку последние выработаны в карбонатных породах, их образование могло быть связано и с карстовыми процессами. В кровле нижнемеловых отложений, представленных глинами, вскрыты менее широкие (50-60 м) и более глубокие (15-20 м) палеоруслу плейстоценового Дона, выполненные преимущественно аллювиальным песком кривоборской

свиты (а N_2^3kr). В аллювий включены крупные оползневые (или обвальные) меловые блоки, образовавшиеся в результате длительного постоянного размыва правого склона Дона в плиоцене. Перемещение долины Дона с востока на запад на склон Воронежского поднятия, продолжающееся с миоцена и составившее 1-1,5 км, связано с неотектоническим развитием Окско-Донского прогиба и участием сил Кориолиса. Гравитационные массивы в виде неоднородностей в аллювиальных песчаных отложениях способствуют образованию трещиноватости в последних, проявленной вертикальными неоднородностями состава.

Эрозионный палеорельеф исследуемых областей имеет большое значение для развития суффозионных процессов. Различные неровности в кровлях разновозрастных (плиоценовых, нижнемеловых, верхнедевонских) поверхностей влияют на положение грунтовых и более глубоких горизонтов подземных вод, изменяя направления потоков, совершающих подземную эрозию, способствуя перетеканию подземных вод в более глубокие толщи, или совмещению их с грунтовыми водами и образованию гидрогеологических окон. Неоднородности литологического и гранулометрического состава отложений палеорусел, отличные от соседних участков, могут усилить фильтрацию подземных вод с выносом песчаного материала и вызвать оседания на глубине и на земной поверхности.

Территория размещения Ростовской АЭС находится в краевой части второй позднеплейстоценовой террасы Дона [2]. В погребенном основании террасы, сложенной плиоценовыми песками, выявлены эрозионные ложбины, расчленяющие склон террасы. По этим ложбинам предполагается суффозионный вынос насыщенного водой песка в сторону Цимлянского водохранилища, что, возможно, является причиной развития оседания поверхности.

Еще одним примером влияния палеорельефа на устойчивость территорий размещения АЭС являются погребенные карстовые формы. На территории проектируемой Нижегородской АЭС карст развит в сульфатных отложениях пермского возраста на глубине и на поверхности. Он приводит к образованию провалов поверхности, воронок разных размеров одиночных и их цепочек, блюдец, развитых на склонах, террасах и поймах небольших речек - Б. Кутра, Ледь и др., правых притоках р. Оки. Погребенный карст, кроме образования форм, влияет на положение грунтовых вод, существенно понижая их уровень, что отмечается в близлежащих поселках. Строительство Нижегородской АЭС из-за карста временно приостановлено.

На территории Нововоронежской АЭС-2 карстующимся является мел верхнего девона, в кровле которого фиксируются, по данным бурения, каверны, воронки, трещиноватость пород. В этих же породах на правом берегу Дона развит открытый карст. Закарстованные трещиноватые кавернозные породы в основании площадки перекрыты песчаной толщей, в которой над

карстовыми формами возможно развитие суффозионных процессов. Последние могут привести к деформациям на поверхности.

Таким образом, погребенные эрозионные, карстовые, гравитационные или другого генезиса формы необходимо учитывать, т.к. они могут вызвать негативные процессы, опасные при эксплуатации технически сложных объектов разной категории.

Литература

1. *Макеев В.М., Макарова Н.В., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В.* Основы концепции геодинамической безопасности экологически опасных сооружений // *Геоэкология*. 2015. № 2. С. 99-110.

2. *Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Гусельцев А.С.* Геологические условия развития суффозионных процессов и их современная активизация на Сальско-Донском неотектоническом поднятии (район Ростовской АЭС) // *Геоэкология*. 2019. № 6. С. 19-29.

ОСОБЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ (ОСФ),
МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

А.И. Полетаев

К особым структурам формам (ОСФ) [3, 4, 11 – 13] автор относит структуры линейные (линеаменты), клиновидные, дуговые, узловые, кольцевые, девиантные и ротационные, которые:

а) развиты, как правило, в скрытой – латентной – форме и выявляются, как правило, с помощью структурно-геоморфологического дешифрирования различных картографических материалов, АФС и КС [4];

б) индицируют скрытые же тектонические нарушения (СТН), часто влияющие на развитие различных природных [13] и техногенных процессов [6];

в) часто «выпадают» из поля зрения не только исследователей, но и преподавателей структурной геологии, региональной геологии, геотектоники и геодинамики, существенно обедняя теоретическую подготовку бакалавров, магистров и аспирантов геологических специальностей [12].

На территории Московского региона с разной степенью достоверности найдены и выделены с различной степенью достоверности линейные ОСФ – линеаменты, клиновидные, узловые, дуговые, кольцевые, девиантные и ротационные.

Линеаменты – достаточно равномерно развитые по всей территории Московского региона, выявляются по анализу схем эрозионной сети и космических снимков разного – от 1 : 10 000 до 1 : 1 000 000 – масштабов [9, рис. 18, 20; 14, рис. 19]. Некоторые линеаменты коррелируют с линейно расположенными концентрациями подпочвенного радона, например, в районе Чертаново [5].

Клиновидные структуры – чётко диагностируются по взаимоотношению основной реки региона и её притоков – рек и ручьёв. Эти структуры имеют важное «фортификационное» значение при защите древних поселений, часто возникавших именно внутри таких клиньев. Так, неолитическое Дьяковское поселение, ныне расположенное на территории Государственного музея-заповедника «Коломенское», возникло на клиновидной площади ограниченной с востока полноводной Москвой-рекой, а с северо-запада – глубоким Дворцовым оврагом [14, рис. 8е]. Сама Москва зародилась также внутри клина, образованного с юга Москвой рекой, а с запада – северо-запада – Неглинкой.

Узловые структуры – широко развиты в линеamentных полях любого масштаба[8]. И Московский регион – не исключение [2]. Эти структуры могут обладать повышенной / концентрированной проницаемостью и, соответственно, фильтрацией различных газов и флюидов. Примеры: повышенные эманации водорода, приуроченные к узловым структурам Чашниковской впадины (Подмосковье) [7]; вклюдзы в русле ручья Дворцового оврага в ГМЗ «Коломенское» [14, рис. 8л].

Дуговые структуры – очень тесно связанные с кольцевыми, развиты по всей территории Московского региона, в целом, и собственно Москвы, в частности, что показано во многих работах [6, 14, рис.14].

Кольцевые структуры – также широко развитые в земной коре [3, 4], известны и в Московском регионе. Наиболее чётко выражены Истринская и собственно Московская [14, рис.14] кольцевые структуры. Московская кольцевая структура индицируется полукольцом, которое образует Истра – левый приток Москвы-реки. Эта структура, вкупе с радиальными линеаментами, предопределила радиально- кольцевой характер исторического обживания данной территории, а в новое время и архитектурно-планировочные решения.

Девиантные структуры – выделенные на территории Московского региона по линеаментам, отклоняющимся от простирания стандартной линеamentной матрицы [9, рис. 20], могут быть индикаторами возможных вращательных движений блоков земной коры данного региона в направлении против часовой стрелки.

Ротационные структуры – на территории Московского региона «в чистом виде» не выделены, но характер девиантных структур [10] позволяет сделать вывод о возможном повороте блока Московского региона, против часовой стрелки, что не противоречит аналогичным представлениям, выдвинутым по геологическим данным [1].

В последние годы данные об особых структурных формах земной коры постоянно сообщаются студентам нашей кафедры в ходе лекции «Дистанционные методы в геологии» в рамках курса «Введение в динамическую геологию»; во время Первой учебной геологической практики на территории Москвы [14]; используются при написании курсовых и дипломных работ – Ф. Котов, Н. Макаров; М. Юренков и А. Смоленский (Университет «Дубна»), Л. Варова, Е. Юон (кафедра геофизики), О. Гайдалёнок, В. Царёв, Е. Шереметьева, М. Яценко, А. Костромькина, Е. Праслов, И. Бондарь, О. Мещерякова, А. Ермаков, И. Виноградов и другие, а также диссертаций – В.А. Иванов (ВИМС), А.Кхиари (Алжир), Тянь Сяочжо (Китай), А.В. Авдонин, О. В. Анисимова (Университет «Дубна»), В.В. Караковский (кафедра гидрогеологии).

В 2020 году ОСФ стали основой межфакультетского курса «Москва геологическая», слушателями которого были студенты факультета почвоведения, а также географического, филологического и механико-математического факультетов.

Литература

1. *Апродов В.А., Апродова А.А.* Движения земной коры и геологическое прошлое Подмоскovie. Учебные геологические экскурсии в окрестностях Москвы.– М.:Изд-во МГУ, 1963. – 268с.
2. *Востоков Е.Н.* Московский тектонический узел – структурная основа Московского мегаполиса / Геоэкологические исследования и охрана недр. Науч.-техн. информ. сб. ЗАО «Геоинформмарк». – М.: 1997. – Вып.3.
3. *Иванов О.П.* Кольцевые структуры земли – новая экспозиция музея землеведения МГУ // Жизнь Земли. Строение и эволюция литосферы, 1996. С.244.
4. *Костенко Н.П., Макарова Н.В., Корчуганова Н.И.* Выражение в рельефе складчатых и разрывных деформаций. Структурно-геоморфологическое дешифрирование аэрофотоснимков, космических снимков и топографических карт.– М.: МГУ,1999. –120 с.
5. *Макаров В.И., Бабак В.И., Дорошко А.Л., Бондаренко В.М., Демин Н.В.*// Влияние структурно-геологических особенностей на распределение концентрации подпочвенного радона и радона в подвалах жилых зданий (на примере района Чертаново г. Москвы). Геоэкология, 2003. №2. С.139 –152.
6. *Москва. Геология и город.* – М.: АО «Московские учебники и картолитогрaфия», 1997. – С. 31 – 102.
7. *Панина Л.В., Зайцев В.А., Полетаев А.И., Сироткина О.Н., Симонов Д.А.* Чашниковская впадина и ее обрамление (геология, геоморфология, структурные особенности и современные геологические процессы): Методическое руководство по проведению «Геолого-геоморфологической практики» студентов 1 курса факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова / Под ред. Паниной Л.В. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 162 с. (Электронное издание сетевого распространения). ISBN 978-5-317-05574-5.
8. *Полетаев А.И.* Узловые структуры земной коры. М.: МГП «Геоинформмарк», 1992. – 52с.
9. *Полетаев А.И.* Сдвигово - ротационная модель структурной эволюции Русской платформы. М.: Геоинформмарк, 2000. – 44с.
10. *Полетаев А.И.* О понимании роли и значения ротационного фактора в образовании и развитии Земли: факты, дискуссии, выводы. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. –200с.
11. *Полетаев А.И.* «Особые» структурные формы геологического пространства / Геологическая среда, минерагенические и сеймотектонические процессы. – Материалы XV111

Международной конференции 24 – 29 сентября 2012 года. – Воронеж, ИПЦ «Научная книга», 2012. С. 274 – 279.

12. Полетаев А.И. Особые структурные формы земной коры и преподавание структурной геологии в России во второй половине XX – начале XXI вв. [Электронный ресурс] А.И.Полетаев // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. – 2015. – Т.8. – Вып. 1: Пространство и время образования. – Стационарный сетевой адрес: 2227- 9490e-arprovr_1.2015.54.

13. Полетаев А.И. Особые структурные формы (ОСФ) (линейные, клиновидные, узловые, кольцевые и ротационные) и их влияние на фильтрационные свойства геологической среды. *Статья первая.* Линейные (линеаменты) и клиновидныеи структурные формы и их влияние на фильтрационные свойства геологической среды Восточно-Европейской платформы // Электронный научно-бразовательный журнал «Динамическая геология». – Москва: МГУ, 2019г., №1. С. 48 – 78.

14. Полетаев А.И., Агибалов А.О. Дневник-путеводитель по Первой учебной геологической практике на территории Москвы. – М.:2018. – 68с.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ МЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГАББРО-ДОЛЕРИТОВ
ОАЗИСА БАНГЕРА ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ:
ВОЗМОЖНЫЕ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

В.Ю. Водовозов (МГУ, ГИН РАН), Г.Л. Лейченко (ВНИИОкеангеология, СПбГУ),
Е.В. Михальский (ВНИИОкеангеология)

Среди всех материков наименее изученным в настоящее время остается Антарктида, на 99% закрытая ледовым покровом. Она входила в состав всех древних суперконтинентов, но в большей мере ее положение изучено в структуре Колумбии и Родинии, существовавших в палеопротерозое-мезопротерозое и мезопротерозое-неопротерозое, соответственно. При этом, для докембрия Антарктиды получено всего два надежных палеомагнитных полюса, что оставляет выполненные реконструкции суперконтинентов в значительной мере умозрительными. В январе-феврале 2019 года в рамках сезонных работ 64 Российской антарктической экспедиции нами были проведены полевые исследования и отбор ориентированных образцов мезопротерозойских базитовых даек. Основная цель исследований – получение надежного палеомагнитного определения и уточнение на его основе особенностей тектонического развития Восточной Антарктиды. Приоритетным объектом для получения палеомагнитного результата был выбран дайковый комплекс габбро-долеритов оазиса Бангера (кратон Моусон, Восточная Антарктида), надежно датированный U–Pb методом по циркону и бадделеиту возрастом 1134 ± 9 млн. лет и 1131 ± 16 млн. лет (Stark et al., 2018), соответственно, и имеющий ясную геодинамическую позицию, которая связана с завершением орогении и кратонизацией крупных областей Австралии и Антарктиды. Дайки внедрялись после становления основной структуры, т.е. являются посткинematическими, и не метаморфизованы. Дайковые тела имеют преимущественно северо-западное простирание и крутое падение. Их мощность колеблется от десятков сантиметров до 125 метров, количество тел исчисляется десятками, сложены оливиновыми габбро-долеритами или оливиновыми габбро. В работе представлены результаты палеомагнитного анализа 276 образцов из 24 отдельных дайковых тел.

Средние направления выделенных высокотемпературных компонент естественной остаточной намагниченности даек группируются на стереограмме в два антиподальных кластера, тест обращения положительный ($\gamma/\gamma_c=16.1/18.7$). Первичность выделенных компонент также подтверждается положительным тестом контакта с большой штокообразной интрузией метагабброидов «Паз-Коув» (1170 млн. лет). Мы имеем возможность сравнить рассчитанный палеомагнитный полюс ($Plat=-21.6^\circ$ $Plong=268.9^\circ$ $A95=5.8^\circ$ $N=24$) с двумя единственными надежными докембрийскими полюсами Восточной Антарктиды, так как они получены по

близковозрастным породам. Наш полюс совпадает в пределах доверительного интервала с палеомагнитным определением (Gose et al., 1997), выполненным по сопоставимым по возрасту вулканитам Земли Котса (1112 млн. лет) и близок к полюсу (Jones et al., 2003), полученному по базитам кратона Грюнехогна в Западной части Земли Королевы Мод (1130 млн. лет). Наиболее вероятной тектонической интерпретацией имеющихся палеомагнитных данных является наличие жесткой связи между Моусоном и блоком Земли Котса, начиная примерно с 1110 млн. лет поныне, раскрытие и закрытие океанического бассейна между ними в неопротерозое – раннем палеозое возможно, но гораздо менее вероятно. Отличие палеомагнитных полюсов, полученных в оазисе Бангера и на Земле Котса от полюса кратона Грюнехогна можно объяснить более поздним временем причленения последнего к мезопротерозойскому Восточно-Антарктическому кратону.

Наличие всего трех надежных палеомагнитных полюсов, полученных по примерно одновозрастным породам трех различных докембрийских блоков Восточной Антарктиды, позволяет протестировать имеющиеся палеотектонические реконструкции, выполненные на геологической основе. Согласно существующим представлениям (Li et al., 2008; Merdith et al., 2017), на рубеже мезопротерозоя и неопротерозоя антарктические блоки, совместно со многими другими континентальными блоками, формировали единый суперконтинент Родиния. В неопротерозое Родиния подверглась рифтогенезу и распалась на несколько крупных палеоконтинентов. Предполагается, что в это время между мезопротерозойским Восточно-Антарктическим кратоном и кратоном Грюнехогна был заложен океанический бассейн, размер которого к концу неопротерозоя мог достигать ширины 3000 км. В позднем неопротерозое–кембрии произошло закрытие этого палеоокеана, а также других океанических бассейнов, что привело к формированию суперконтинента Гондвана в результате двух главных коллизионно-аккреционных событий (650–550 млн. лет – Восточноафриканская орогения, и 580–520 млн. лет – Куунгская орогения). При этом Восточноафриканская орогения отражает коллизию Индии и северной Африки, и многие исследователи коррелируют эти процессы с одновозрастной тектономагматической деятельностью на Земле Королевы Мод в Восточной Антарктиде, объединяя эти области в единый Восточноафрикано–Антарктический ороген, образовавшийся в процессе закрытия Мозамбикского океана. Среди немногочисленных геологических формаций океанической природы, относимых к этому орогену, являются офиолиты хребта Шеклтон, обрамляющие блок берега Котса с юга.

Однако другими исследователями (Meert, 2003; Boger, 2011) рассматривается альтернативная гипотеза формирования Гондваны в результате коллизии на куунгском этапе палеоконтинента Конго–Индия–Эндерби и палеоконтинента Калахари–Моусон–Австралия, что отражено геологическими комплексами и структурами, например, пояса Замбези в Африке и

провинции Хайланд на Шри Ланке. В этом случае офиолиты хребта Шеклтона могут представлять собой дериваты океанического бассейна, инвертировавшего в процессе неопротерозойско-кембрийского росско-деламерийского орогенеза на противоположной окраине палеоконтинента Калахари–Моусон–Австралия со стороны Протопацифики. Наши палеомагнитные данные в большей степени соответствуют этой модели становления Гондваны.

Полученный в работе полюс стал всего третьим надежным палеомагнитным определением по докембрию Восточной Антарктиды.

Литература

1. Gose W.A. et al. Paleomagnetic data and U-Pb isotopic age determinations from Coats Land, Antarctica: Implications for late Proterozoic plate reconstructions // *Geophys. Res. B Solid Earth*. 1997. V. 102. P.7887–7902.
2. Jones D.L. et al. Palaeomagnetic results from the ca. 1130 Ma Borgmassivet intrusions in the Ahlmannryggen region of Dronning Maud Land, Antarctica, and tectonic implications // *Tectonophysics*. 2003. V. 375. P. 247–260.
3. Li Z.X. et al. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis // *Precambrian Research*. 2008. 160 (1). P. 179–210.
4. Meert J.G. A synopsis of events related to the assembly of eastern Gondwana // *Tectonophysics*. 2003. Vol. 362. P.1–40.
5. Merdith A.S. et al. Reconstruction of the Neoproterozoic // *Gondwana Research*. 2017. Vol. 50. P.84–134.
6. Stark J.C. et al. In situ U/Pb geochronology and geochemistry of a 1.13 Ga mafic dyke suite at Bunger Hills, East Antarctica: The end of the Albany-Fraser Orogeny // *Precambrian Research*. 2018. V. 310. P.76–92.

К ВОПРОСУ О ДРЕВНЕЙШИХ СУПЕРКОНТИНЕНТАХ

Н. А. Божко

Доклад посвящен анализу современного состояния изученности проблемы самых первых суперконтинентов на Земле (протосуперконтинентов).

В настоящее время существует негласный консенсус относительно существования в истории Земли по крайней мере пяти суперконтинентов древнейший из которых (Пангея 0 или Кенорленд) имеет позднеархейский возраст, около 2.7 млрд лет. Что касается рассмотрения в этом плане более ранней истории, то здесь отсутствует даже относительное единодушие среди геологов по вопросам признания протосуперконтинентов, их количества, появления первого из них и т.д., что объясняется отсутствием необходимых геолого-геохронологических и палеомагнитных данных. Вместе с тем, постановка вопроса о протосуперконтинентах является актуальной и правомочной. Современные данные, позволяют предполагать в раннем архее относительно широкое распространение дифференцированной коры мощностью не менее 30 км, что позволяет допускать существование протосуперконтинентов. уже в это время.

В современной англоязычной литературе обсуждается возможное существование двух предшествующих Кенорленд суперконтинентов – Ваалбара и Ур. Согласно распространенному, но не общепризнанному мнению, первым суперконтинентом была Ваалбара [Cheney, 1996; Zegers et al., 1998 и др.], состоявшая из ныне разобщенных кратонов Каапвааль и Пилбара. Это представление основано на сходстве их геологического строения, начиная с 3600 млн лет, развития позднеархейских протоплатформенных чехлов, присутствии на этих кратонах четырех древнейших метеоритных импактов в интервале 3200-3500 млн лет, а также на некоторых палеомагнитных данных. Таким образом, Ваалбара объединила кратоны с древнейшей генерацией зеленокаменных поясов. Время образования, существования и распада Ваалбары оценивается по-разному. Рядом геологов считается, что данный суперконтинент, и был сформирован в интервале 3,6-3,1 млрд лет назад и существовал до ~2,8 млрд лет назад [Zegers et al., 1998 и др.]. Некоторые исследователи древнейшим суперконтинентом на Земле рассматривают Ур, сформировавшийся 3 миллиарда лет назад [Rogers, 1996]. Породы, слагавшие Ур, теперь входят в состав некоторых частей Африки, Австралии, Индии и Мадагаскара. Не существует общего мнения о том соотношении рассматриваемых суперконтинентов между собой. Имеются взаимоисключающие точки зрения на предмет их возможной связи и существования. Мне представляется наиболее логичным, если следовать данной схеме, воспринимать Ур как осколок Ваалбары, вошедший в состав Кенорленда.

Автор [Bozhko, 2009], анализируя эту проблему на основании имевшихся геолого-геохронологических данных в свете предложенной им суперконтинентальной цикличности с периодом 400 млн лет, выделил четыре протосуперконтинента предшествующие Кенорленду: Слейвия (3920 – 3770 млн. лет), Себаквия (3520 – 3370 млн. лет), Белингвия (3120- 2970 млн лет). Возможная, на мой взгляд, корреляция с обозначенными предполагаемыми протосуперконтинентами: Ур может соответствовать Белингвии, а Ваалбара- в какой то степени частям Себаквии и Слейвии.

После опубликования указанной статьи получили подтверждение и признание данные о возрасте гнейсов Акаста кратона Слейв Канады, превышающим 4 млрд лет [Bowring, 1999], что указывает на существование доархейской континентальной коры уже в Гадее.

Наиболее древний датированный материал на Земле представлен обломочными цирконами в кварцитах района Джек Хиллс, кратона Йилгарн, Западная Австралия с возрастом 4.2- 4.4 млрд лет [Compston, 1986]. В сочетании со сказанным выше можно сделать предположение о существовании гипотетического доархейского суперконтинента «Акастия», в значительной степени поглощенного в мантию в результате рециклинга. Согласно указанной цикличности его возрастные рамки находятся в интервале 4320-4170 млн. лет.

Геодинамические процессы, господствовавшие тогда во многом, не известны. В развитии указанных протосуперконтинентов отмечается определенная направленность. Первые два протосуперконтинентальные цикла приходятся на время формирования первичной континентальной коры, сложенной ТТГ ассоциацией. В среднем архее в строении протосуперконтинентов появляются зеленокаменные пояса, с преимущественно бимодальным магматизмом, сменяющиеся гранит-зеленокаменными областями, развивавшимися в явно плитном режиме.

Несмотря на определенный прогресс в изучении протосуперконтинентов, многие существующие представления о них являются гипотетическими. Решение этой проблемы связано с будущими достижениями в области геологии докембрия и палеомагнитологии.

Литература

1. Божко Н.А. Суперконтинентальная цикличность в истории Земли // Вестн. Моск. ун-та. 2009. Сер. 4. Геология. N2. С.13-27.

2. Bowring, S.A., and Williams, I.S., 1999. Priscoan (4.00–4.03 Ga) orthogneisses from northwestern Canada. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 134, 3–16.

3. Cheney, E.S., 1996. Sequence stratigraphy and plate tectonic significance of the Transvaal succession of southern Africa and its equivalent in Western Australia. *Precamb. Res.*, 79, 3-24.
4. Compston W., Pidgeon R.T., 1986 Jack Hills, evidence of more very old detrital zircons in Western-Australia. *Nature* 321 (6072), 766–769
5. Rogers, J.J.W., 1996. A history of continents in the past three billion years. *Journal of Geology* 104, 91-107.
6. Zegers T. E., de Wit M. J., Dann J. and White S. H. 1998. Vaalbara, Earth's oldest assembled continent? A combined structural, geochronological, and palaeomagnetic test. *Terra Nova*, 10, 250-259.

ОСОБЕННОСТИ НОВЕЙШЕЙ ГЕОДИНАМИКИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Л.В. Панина, В.А. Зайцев

Изучением новейшей тектоники и сейсмичности Северо-Западного и Центрального Кавказа занимались В.Е. Хаин, В.М. Муратов (1962), Е.Е. Милановский (1968), Л.П. Полканов (1971), Н.И. Николаев (1979), А.И. Летавин и В.М. Перерва (1987), С.А. Несмеянов (1992;1999) и др. Задачами наших исследований было выявление новейших дислокаций и установление их взаимосвязи с сейсмическими событиями. В основе лежали геоморфологические методы в комплексе с современными методиками компьютерной обработки полученных данных. В докладе рассматриваются Северо-Западный и частично Центральный сегменты Большого Кавказа.

Начиная с сармата, происходит активный рост Кавказского орогена, а в пред- и межгорных впадинах, испытывающих интенсивное погружение, накапливаются грубые молассовые отложения. Эта стадия развития называется позднеорогенной или конэрозионной. Дальнейшее развитие орогенного процесса привело к разрастанию положительных структурных форм за счет сопредельных отрицательных и вовлечению в поднятие структур Западно-Кубанский, Восточно-Кубанский, Терско-Каспийский предгорных впадин. На построенной нами карте новейшей тектоники в масштаба 1:500 000 учитывалась денудация (рис.1). Поэтому отметки изобаз выше, чем на ранее опубликованной карте Е.Е. Милановского масштаба 1:1 000 000. Новейшая структура Северо-Западного и Центрального Кавказа представляет собой систему блоковых поднятий центральной сводовой части орогена и его склонов, разделенных узкими долинами. На западной периферии встречаются и пликативные поднятия (например, Новороссийское). Пологий северный склон граничит с Западно- и Восточно-Кубанской предгорными впадинами, а в центральной части — со Ставропольским поднятием, крутой южный склон соседствует с Черноморской впадиной и структурами Закавказья. Характерна поперечная и продольная зональность, обусловившая выделение в рельефе ряда ступеней — сегментов, границами которых служат зоны разломов: сбросов, взбросов, надвигов, выявленными предшественниками. На северо-Западном Кавказе амплитуды новейших поднятий в своде орогена колеблются от 250-100 м на северо-западной периферии до 2 - 2,5 км в области, пограничной с более широким и сложно построенным Центральным сегментом Кавказа с максимальной амплитудой поднятий в своде 5,1 км (рис.1).

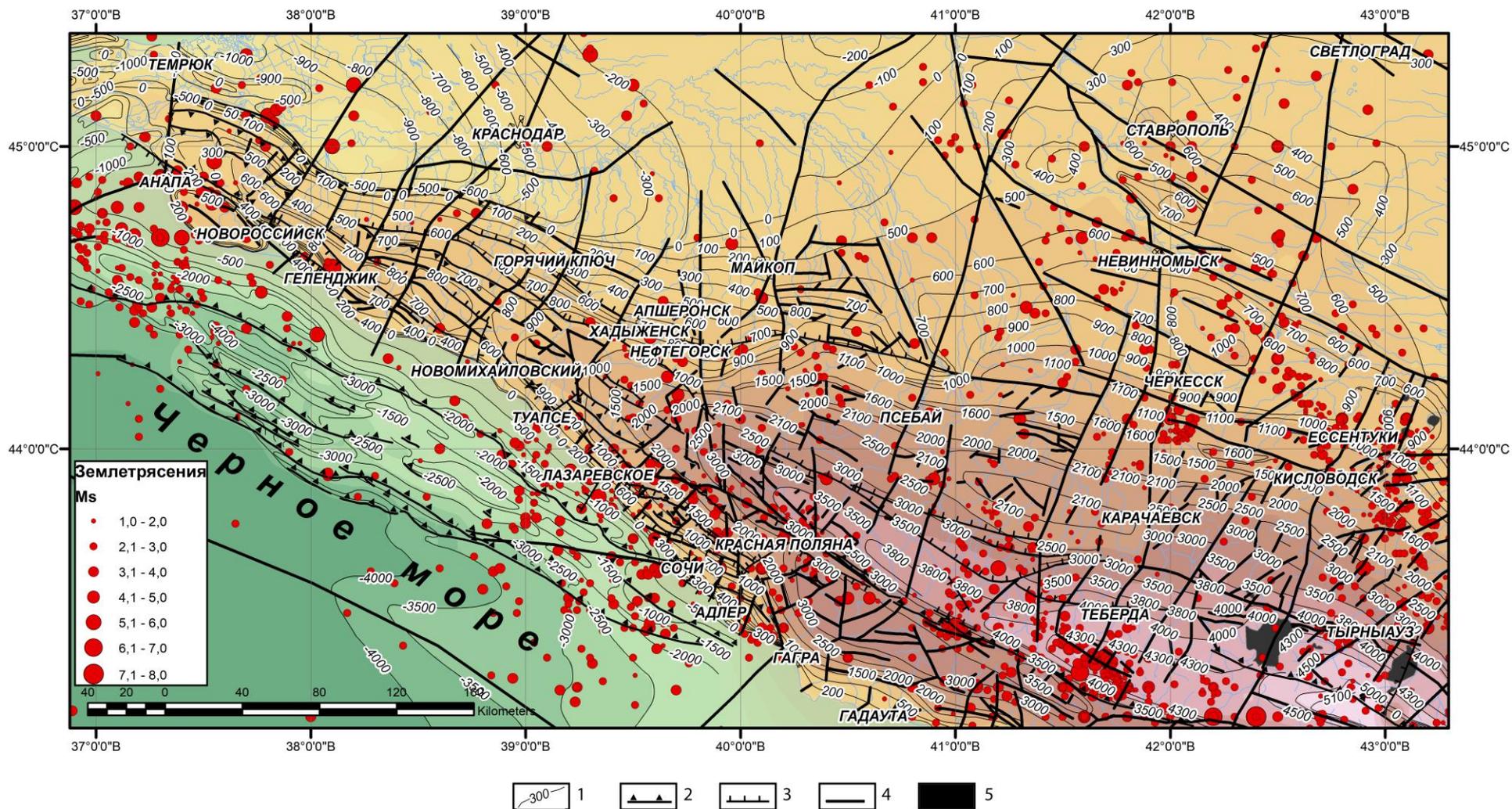


Рис.1. Карта новейшей тектоники Северо-Западного и Центрального Кавказа:

- 1 – амплитуды новейших поднятий; 2 – надвиги и взбросы; 3 – сбросы; 4 – разрывы с неустановленной кинематикой; 5 – вулканические и интрузивные образования.

Сейсмичность Кавказа и прилегающих акваторий. Проведенный статистический анализ сейсмичности показал, что распределение землетрясений подчинено неотектонической зональности. Землетрясения приурочены как к разрывам и линейным зонам, так и к молодым растущим поднятиям, особенно к их перифериям. Районы с различной плотностью эпицентров часто контролируются протяженными поперечными зонами разрывов (Новороссийской, Туапсинской, Курджиновской и др.). Максимумы приурочены к Центральному сегменту Кавказа (район г. Домбай-Ульген с отметкой 4046 м) и к области Черноморского бассейна, примыкающей к Рионской впадине. Высокие значения плотности землетрясений характерны для молодых поднятий Центрального Предкавказья (Джинальский, Пастбищный хребты) и структур Центрального сегмента Кавказского хребта. Согласно кластерному статистическому анализу сейсмичности площади с высоким средним значением выделенной энергии расположены в Центральном и на периферии Северо-Западного сегментов Кавказа.

В результате статистического анализа распределения сейсмичности кластеризация была выполнена по трем глубинным уровням: менее 3 км, от 3 до 9 км и более 9 км. Для кластеров землетрясений с глубиной гипоцентров менее 3 км наблюдается четкая приуроченность к основным структурным элементам Северо-Западного Кавказа. Как и следовало ожидать, землетрясения с малоглубинными гипоцентрами являются низкомagnitudeными. Периферийные группы кластеров приурочены к северным и южным склонам орогена, Ставропольскому поднятию, Западно- и Восточно-Кубанским впадинам, а также к северо-восточной части Черноморской впадины. Выявленные группы разделены на поперечные сегменты, которые, возможно, связаны с зонами разрывных нарушений субмеридионального простирания.

Для глубины от 3 до 9 км было выделено 5 кластерных групп, которые вытянуты в северо-западном и северо-восточном направлениях. Для данного диапазона глубин количество выделившейся сейсмической энергии на порядок выше, чем для малоглубинных групп, причём выделение большого количества сейсмической энергии характерно для восточной части Северо-Западного Кавказа (Гойтский антиклинорий и Абхазо-Рачинская зона), а также для переходной области между Ставропольским поднятием и Лабино-Малкинской моноклиальной зоной. На территории Новороссийского синклинория и Восточно-Кубанской впадины наблюдается наименьшее для данных глубин выделение сейсмической энергии.

Кластеризация сейсмических событий с глубиной гипоцентра более 9 км позволила выделить 6 групп. Для этих глубин все кластеры вытянуты в северо-западном направлении. Появляется группа землетрясений в районе Западно-Кубанской впадины, что не характерно для менее глубоких землетрясений. Наблюдается кластерная группа в районе Лабино-Малкинской моноклиналильной зоны и Восточно-Кубанской впадины. Заметно увеличивается величина средней магнитуды кластеров с увеличением глубины гипоцентров землетрясений на территории Новороссийского новейшего поднятия и на южном склоне орогена Северо-Западного Кавказа.

Следует отметить, что на разных глубинах количество выделяемой сейсмической энергии различно. Оценить эти различия можно с помощью графиков повторяемости землетрясений. Для малоглубинных землетрясений (до 3 км) наклон графика повторяемости наименьший. Для глубин от 3 до 9 км он становится более крутым, и для землетрясений с глубиной более 9 км наклон графика повторяемости наибольший.

Заключение. Таким образом, в результате комплексных исследований, включавших структурно-геоморфологический и проведение кластерного анализа сейсмичности были сделаны следующие выводы. На построенной карте новейшей тектоники Северо-Западного и Центрального секторов Большого Кавказа выделено асимметричное сводово-глыбовое поднятие с пологим северным и крутым южным склонами. Оно нарушено субширотными, субмеридиональными и диагональными разрывами, надвигами, взбросами, сбросами, часто со сдвиговой составляющей. Некоторые разрывные нарушения наследуют более древние разломы, которые были подновлены в новейший этап. Вдоль этих разрывов часто выстраиваются эпицентры землетрясений, что указывает на их активизацию на современном этапе.

Горное сооружение Большого Кавказа испытывает на новейшем этапе активный рост и разрастание в сторону обрамляющих его предгорных впадин и акваторий. Этот рост сопровождается сейсмической активностью, которая увеличивается с глубиной и согласуется с новейшим структурным планом Кавказа.

Финансирование. Исследования проведены в рамках НИР «Развитие методов детального сейсмического районирования и сейсмического микрорайонирования» (№ гос. регистрации АААА-А17-117060110060-3) при финансовой поддержке РФФИ в рамках конкурса научных проектов КОМФИ 18-00-00247 и 18-00-00342, входящих в состав комплексного проекта (18-00-00344).

СМЕНА ОБСТАНОВКИ РАСТЯЖЕНИЯ СДВИГОВОЙ ОБСТАНОВКОЙ:
ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРИРОДНЫЕ ПРИМЕРЫ
В ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЯХ

Н.С. Фролова, А.А. Мишакина, А.Н. Корбутяк

Для платформ характерны системы рифтов (авлакогенов, грабен-рифтов) по бортам которых (реже внутри), развиты валообразные поднятия, которые могут являться ловушками углеводородов и поэтому привлекают внимание исследователей. До сих пор имеются различные точки зрения на формирование таких поднятий. На примере севера Западной Сибири было сделано предположение, что валы являются следствием сдвиговых движений по активизировавшимся в новейшее время более ранним разломам, которые ограничивали грабен-рифт триасового возраста [Гончаров, Фролова, 2008]. Ранее нами были проведены многочисленные эксперименты, посвященные закономерностям формирования валов в чехле над прямолинейным разломом фундамента. Цель данной работы – экспериментально показать возможность формирования валов при смене обстановки растяжения обстановкой горизонтального сдвига.

Растяжение моделировалось с помощью двух тонких железных пластин, наложенных друг на друга с перекрытием. Одна из них крепилась к неподвижному борту прибора для тектонофизического моделирования, а вторая к подвижной столешнице. К пластинам был приклеен шипованный материал, на который укладывался образец из глины 40% влажности мощностью 5-7 см. При раздвижении ($v=10$ см/час) формировались асимметричные «рифтовые впадины», с проседанием в центральной части и системами листрических сбросов по краям. Ширина рифта во многих опытах оказывалась различной вдоль его простирания. Для воспроизведения обстановки простого сдвига железные пластины с моделью рифтовой впадины поворачивались на 90° . Нижняя пластина закреплялась на подвижной столешнице и двигалась вместе с ней, в то время как верхняя пластина оставалась неподвижной. Несколько экспериментов были произведены без заполнения рифтовой впадины для того, чтобы посмотреть развитие разлома, по которому происходит сдвигание на втором этапе. Обычно такой разлом непрямолинейен, поскольку проходит по участкам, максимально нарушенным на предыдущем этапе; он может также переходить с одного борта на другой. Остальные эксперименты осуществлялись с заполнением впадины песком – сухим или со связующими добавками. При сдвигании ($v=3$ см/час) на поверхности образца вначале развивались мелкие трещины отрыва, постепенно объединяющиеся в сколы Риделя, между которыми формировались валообразные поднятия рор-ап типа. Сколы были не всегда упорядочены, а валы нередко имели разные размеры

и неправильную форму, что связано с неровностью формирующегося разлома в основании модели.

Проведенная работа показывает, что при смене обстановки растяжения сдвиговой обстановкой – при благоприятной ориентировке рифтов относительно главных осей сжатия и растяжения – осуществляется сдвигание по сформированным на предыдущем этапе неоднородностям, при этом происходит рост валообразных поднятий. Сдвиговая обстановка в пределах многих платформ на новейшем этапе описана рядом исследователей, а для Западно-Сибирской плиты ее можно считать доказанной. Таким образом, результаты экспериментов являются аргументом для решения проблемы формирования валов севера Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна, а также их надо принимать во внимание при интерпретации валообразных поднятий на других молодых и древних платформах.

Литература

Гончаров М.А., Фролова Н.С. Парадокс ориентировки некоторых новейших нефтегазоносных брахиантиклиналей сдвиговых зон вдоль оси максимального сжатия: тектонофизическое истолкование // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Т. 1. М.: ГЕОС. 2008. С. 218–222.