

ДИНАМИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

электронный научно-образовательный журнал

2021/1

УДК 55
ББК 26.3я43
Д46



Д46 Динамическая геология. Электронный научно-образовательный журнал 2021/1 – Москва : Изд-во «Перо», 2021. – 109 с. Электрон. текстовые дан. (7 Мб).

ISBN 978-5-00171-817-8

Электронный адрес журнала
<http://www.geodisaster.ru/index.php?page=dinamicheskaya-geologiya>

Под редакцией к.г.-мин. наук В.А. Зайцева
Редколлегия:
Л.В. Панина, А.И. Полетаев.

В первый номер журнала «Динамическая геология» за 2021 вошли три статьи, посвященные разным аспектам региональной геологии Кавказа, в том числе вопросам происхождения и геологической позиции вулканитов Эльбрусской области, особенностям новейших тектонических движений Северо-Западного сегмента этого горно-складчатого сооружения. Для широкого круга специалистов представляет интерес работа Н.В. Макаровой и Т.В. Сухановой, в которой рассмотрены климатические и тектонические процессы в эрозионно-аккумулятивном цикле при формировании речных долин, а также статья А.И. Полетаева об особых структурных формах земной коры. В этих публикациях представлены результаты исследований, находящихся на пересечении наук геологического и географического циклов. Актуальная и интересная исследовательская проблема — анализ сейсмической активности Восточно-Европейской платформы — затронута в статье А.А. Сенцова.

Предлагаемые статьи изложены в авторской редакции.

ДК 55
ББК 26.3я43

На обложке журнала – четвертичные лавы южного склона горы Эльбрус. Фото Зайцева В.А.

ISBN 978-5-00171-817-8

© Авторы статей, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Мышенкова М.С., Короновский Н.В. Кислые вулканиты игнимбритового, туфового и лавового облика Эльбрусской вулканической области, их происхождение и геологическая позиция (Северный Кавказ)	4
Мышенкова М.С., Короновский Н.В. О наиболее протяженных лавовых потоках Эльбрусского вулканического центра (Северный Кавказ)	22
Агибалов А.О., Зайцев В.А., Сенцов А.А. Оценка взаимосвязи между морфометрическими параметрами рельефа и показателями, характеризующими современную сейсмичность Северо-Западного Кавказа	29
Макарова Н.В., Суханова Т.В. Климатические и тектонические процессы в эрозионно-аккумулятивном цикле при формировании речных долин	39
Полетаев А.И. Особые структурные формы (ОСФ) земной коры и их влияние на фильтрационные свойства геологической среды Восточно-Европейской платформы. Статья третья: заключительная	52
Сенцов А.А. Предварительные результаты анализа сейсмической активности Восточно-Европейской платформы	93
Литературная страничка кафедры динамической геологии.	98
Леонов М.Г. Краткий толковый словарь геологических терминов	

УДК 551.1/4

КИСЛЫЕ ВУЛКАНИТЫ ИГНИМБРИТОВОГО, ТУФОВОГО И ЛАВОВОГО ОБЛИКА ЭЛЬБРУССКОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ, ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

М.С. Мышенкова, Н.В. Короновский

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

Аннотация. В статье рассматриваются продукты различных молодых, возрастом менее 3 млн. лет, центров проявления кислого, преимущественно риолитового и риодацитового вулканизма. Они имеют разный генезис, в том числе связанный с декомпрессионными эксплозиями флюидов; с эксплозивными извержениями, и, в частности, с пирокластическими потоками; с излиянием подвижной кислой лавы. Также устанавливается, что изотопный возраст рассматриваемых пород в некоторых случаях не совпадает с возрастом, установленным на основании геологических данных.

Под Эльбрусской вулканической областью понимается срединная часть Большого Кавказа, включающая вулкан Эльбрус с окружающими его многочисленными самостоятельными центрами извержений, а также Верхнечегемское нагорье и Нижнечегемский вулканический покров. Во всех этих районах Большого Кавказа в пределах России проявлялся разнообразный новейший кислый вулканизм: извержения происходили в разное время, обладали различным объемом — от первых сотен м³ до сотни км³, и, что наиболее важно, обладали разными типами и происходили в очень короткий промежуток времени в пределах последних 3,0 млн. лет. Такое разнообразие многих параметров кислых вулканитов вызывает продолжающиеся до настоящего времени споры, которые не имеют однозначного решения, хотя они играют важную роль в характеристике последнего, орогенного этапа развития Большого Кавказа. Некоторые спорные моменты этого вулканизма и хотелось бы обсудить.

Проявления кислого вулканизма известны в различных районах Большого Кавказа, но только в его центральной, наиболее приподнятой в позднеорогенный этап, части. Подобный вулканизм больше нигде на Большом Кавказе не проявлялся. Помимо того, что кислые вулканиты обладают различным возрастом, они имеют и разный генезис, проявляя себя в совершенно разных типах извержений. Не вдаваясь в подробности, можно отметить, что во многих работах они описываются как игнимбриты, под которыми понимаются спекшиеся пирокластические образования, потоки или покровы которых распространялись на десятки

километров от предполагаемых центров извержений [Лятифова, 1993; Lipman et al., 1993; Новейший..., 2005, с. 346–347; Типы..., 2006, с. 285–292; Лебедев и др., 2011; Чернышев и др., 2011; 2014 и др.]. Во многих случаях могут быть высказаны и другие представления о генезисе этих пород, а также и об их возрасте, заключенном в очень узком, всего 3,0 млн. лет, временном интервале. Все вулканические центры и массивы кислых вулканитов показаны на рис. 1.

На территории западной и северной периферии Эльбруса имеется 11 самостоятельных центров извержений вулканитов, наиболее часто относимых к игнимбрикам. Часть из них, расположенных в долинах рек Кукуртли, Битиктёбе, Чучкур и Чемарткол (см. рис. 1: – 1, 2, 3, 5, 4), относится к началу позднего неоплейстоцена и представлена короткими – до 1–2 км – потоками флюидолитов – пород риодацитового состава, обладающих всеми признаками течения флюидизированной массы, заполнявшей троговые долины первой фазы безенгийского оледенения (рис. 2) [Короновский, 1968; Короновский и др., 2013]. Никакого отношения к игнимбрикам, тем более слагавшим большую кальдеру [Богатилов и др., 1998; Gurbanov et al., 2004; Природные..., 2004], они не имеют. В разрезах продуктов центров извержений, расположенных в долинах рек Битиктёбе, Чучкур и Чемарткол (см. рис. 1: – 2, 3, 5, 4), последовательность разных типов пород одинакова, и залегающие в нижней части разреза породы относятся к новому генетическому типу – флюидолитам, формирование которых связано с глубинными декомпрессионными эксплозиями флюидов [Петрографический..., 2008; Короновский и др., 2013]. Продукты центров извержений, расположенные в среднем течении р. Битиктёбе, в долинах рек Кукуртли, Чемарткол и Чучкур (см. рис. 1: – 2, 1, 4, 5), приурочены к линейной меридиональной тектонической зоне, возможно, разлому или флекуре.

Вулканиты такого типа присутствуют и в Северном Приэльбрусье, где они приурочены к г. Тузлук, расположенной севернее Передового хребта, к обнажению на правом берегу верховьев р. Бирджалысу, к скальной гряде у перевала Ирикчат и к обнажению, расположенному восточнее ледника Уллумалиендерку (см. рис. 1: – 7, 8, 9, 6). В работах, посвященных определению изотопного возраста этих пород, все они относились к игнимбрикам, остаткам обширного покрова, занимавшего в позднем плиоцене большую площадь [Чернышев и др., 2011; 2014].

Самое большое обнажение флюидолитов относится к последнему упомянутому примеру и подробно описано в работе [Короновский и др., 2011]. Оно состоит из двух разновозрастных толщ флюидолитов – древней эоплейстоценовой и более молодой, предположительно верхненеоплейстоценовой.



Рис. 1. Схема проявлений плиоцен-четвертичного магматизма в пределах Эльбурской вулканической области (составлена по данным [Короновский, 1968; Милановский, Короновский, 1973; Пурига и др., 2001; Письменный и др., 2001; Лебедев и др., 2010; 2011; Государственная..., 2011; 2013; Емжуев и др., 2014] с изменениями авторов)

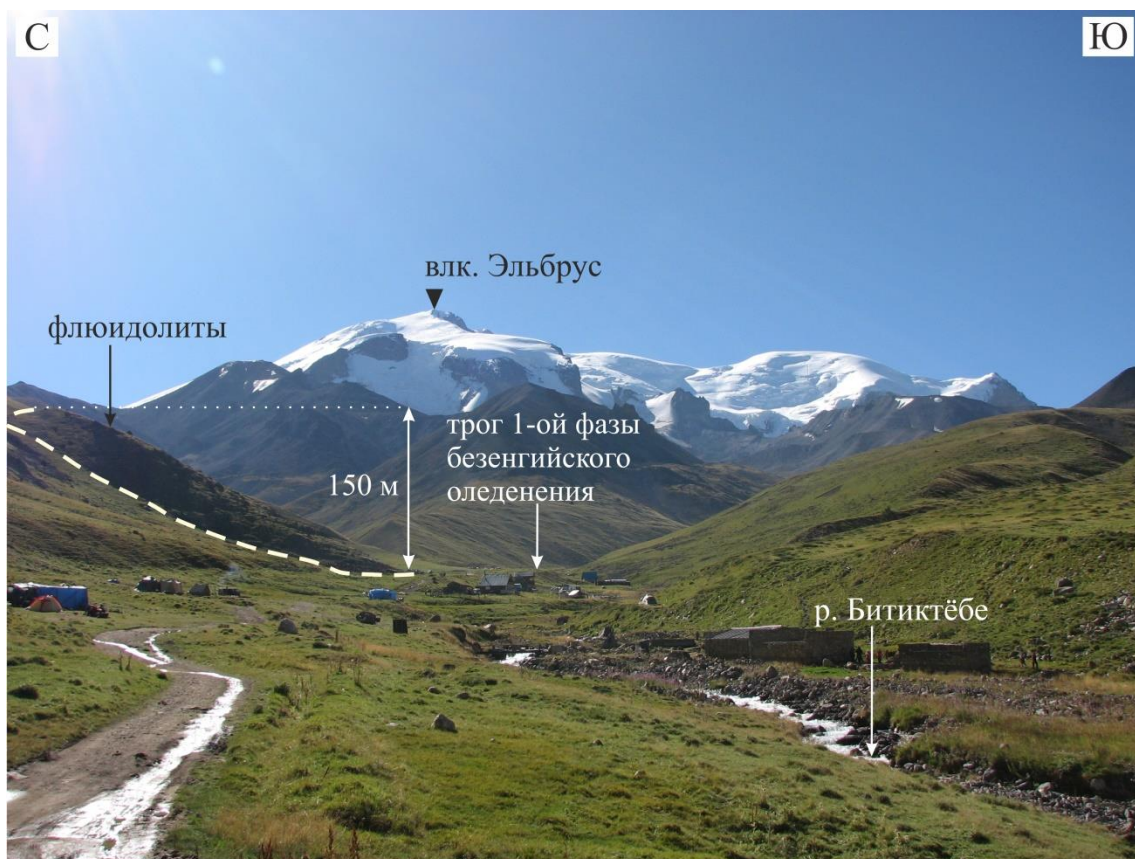


Рис. 2. Троговая долина р. Битиктёбе, выработанная во время первой фазы безенгийского оледенения, в которой залегают флюидолиты и дациты центра извержений, расположенного в среднем течении реки на ее правом борту

Первая представлена светло-серой разностью мощностью до 150 м с небольшим содержанием фьямме. Вторая – слабо уплотненной разностью мощностью от первых метров до 120 м, которая перекрыта темно-серой прочной разностью мощностью от 10 до 30 м, бронирующей нижележащие флюидолиты и образующей наклоненное на северо-восток плато длиной 1870 м. На северо-восточном окончании плато расположено куполовидное тело (рис. 3, а), сложенное вертикально ориентированными темно-серыми флюидолитами. В них местами наблюдаются следы сульфидной минерализации и интенсивного ожелезнения. На вершине данного тела находятся грибообразные останцы, сложенные двумя разностями флюидолитов разной прочности, являющимися самыми молодыми членами разреза неоплейстоценовой толщи (рис. 3, б).

Гора Тузлук (см. рис. 1: – 7) находится непосредственно севернее Передового хребта, сложенного палеозойскими породами, и приурочена к зоне субширотного разлома, хорошо выраженного в нижне-среднеюрских терригенных отложениях, обнажающихся в левом склоне долины р. Малки (рис. 4). Невысокая, до 120 м, конусовидная гора сложена кислыми

вулканитами риодацитового состава, по структурно-текстурным особенностям относящимся к флюидалитам [Короновский и др., 2010; 2011], а не к туфам.

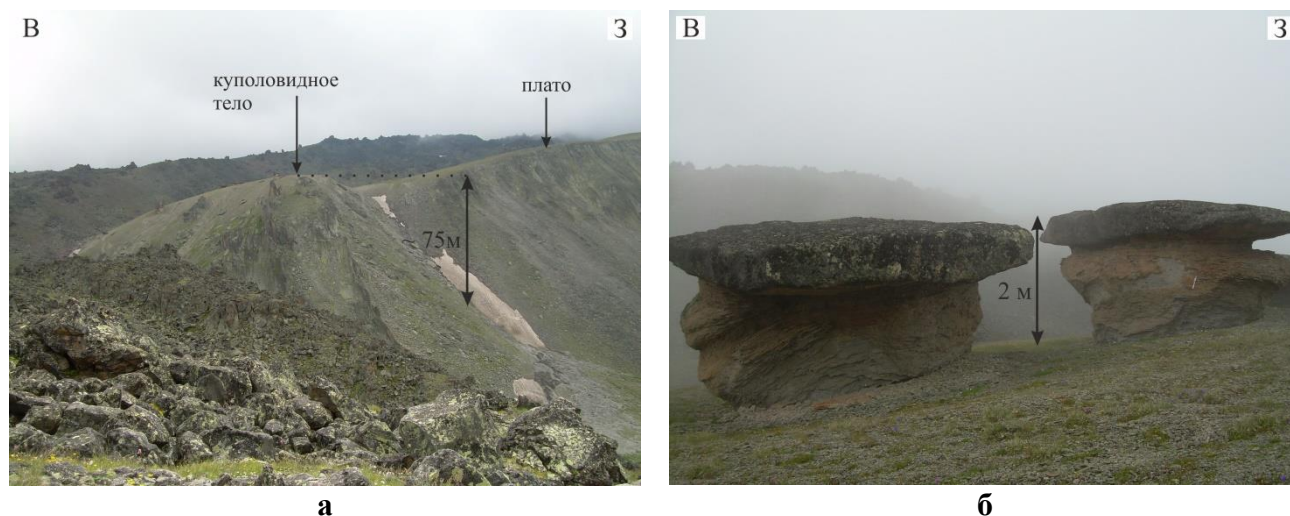


Рис. 3. Куполовидное тело на северо-восточном окончании плато флюидалитов, расположенного к востоку от ледника Уллумалиендерку на северном склоне Эльбруса
а – общий вид на куполовидное тело с северо-востока, *б* – грибообразные останцы, сложенные двумя разностями флюидалитов, на вершине куполовидной структуры

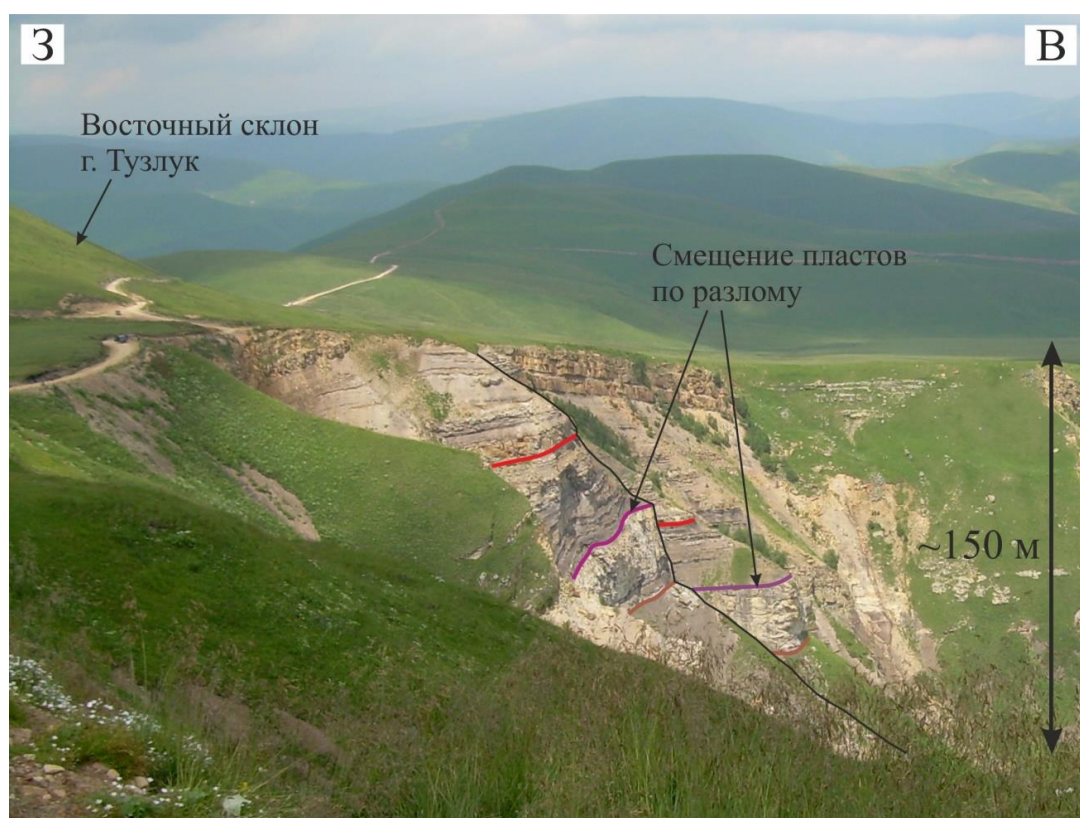


Рис. 4. Зона субширотного разлома в нижне-среднеюрских терригенных отложениях, ограничивающего с юга г. Тузлук. Вид с юга, с обрыва левого борта р. Малка к востоку от г. Тузлук Черной линией показан профиль склона, за которым проходит плоскость разлома, которая параллельна плоскости рисунка

Эти породы не могут иметь покровное происхождение [Чернышев и др., 2011; 2014], так как в позднем плиоцене Передовой хребет уже был орографически хорошо выражен. Еще один изолированный выход флюидолитов находится у северного подножия Эльбруса в верховьях правого склона р. Бирджалысу (см. рис. 1: – 8). Он представляет собой асимметричный гребень, резко выделяющийся над окружающим рельефом (рис. 5), и является полуразрушенной конической вулканической постройкой с вертикальным дайкообразным стержнем (некком), но не остатком игнимбритового покрова, а его породы на макроуровне очень похожи на флюидолиты г. Тузлук.

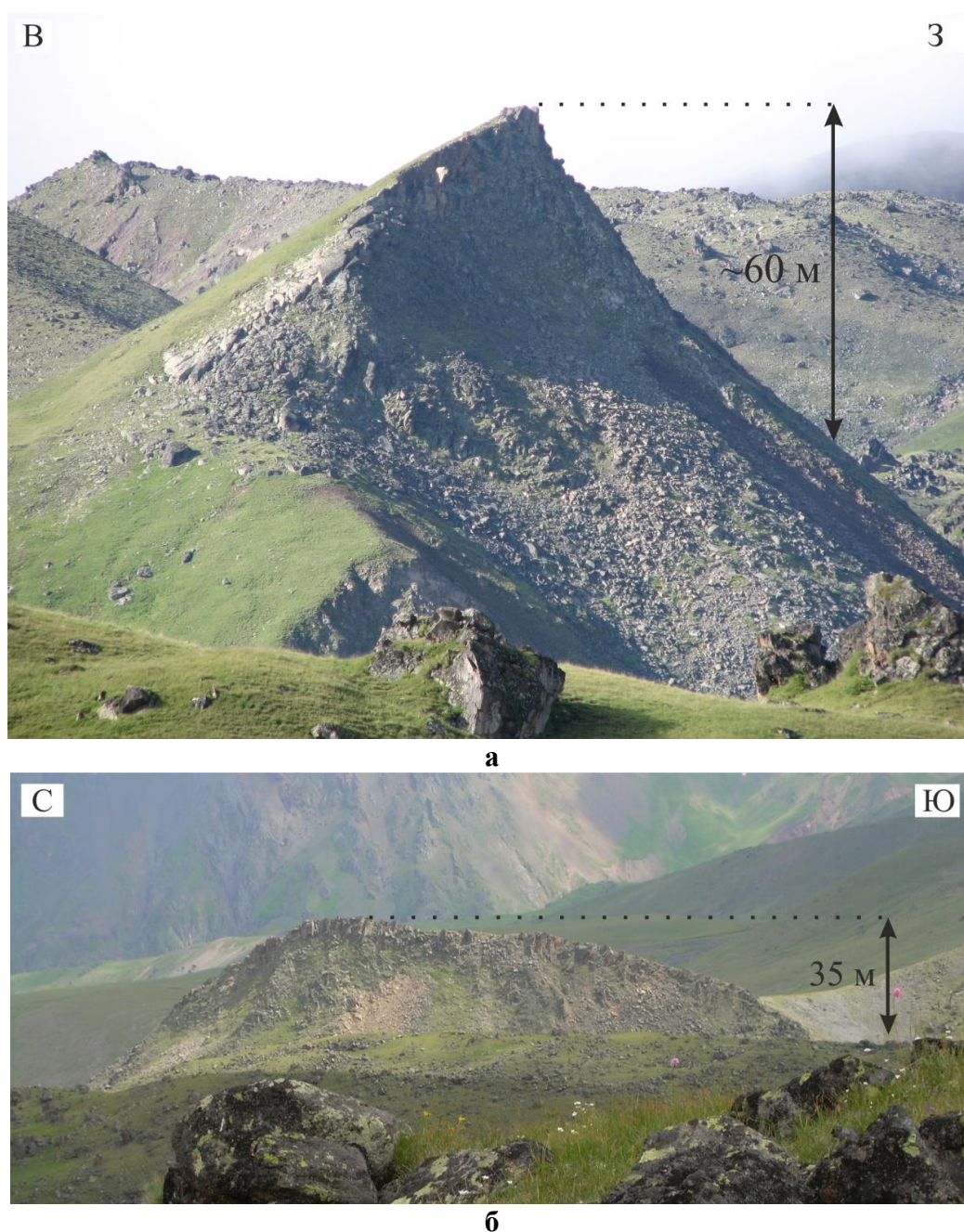


Рис. 5. Вулканическая постройка на правом борту р. Бирджалысу в ее среднем течении:

а – вид на вулканическую постройку с севера; б – вид с запада

У восточного подножия Эльбруса, западнее перевала Ирикчат на высоте 3750 м (см. рис. 1: – 9) расположено небольшое обнажение кислых вулканитов риодацитового состава мощностью до 15 м, которые также по своим вещественным признакам отнесены к флюидолитам. Флюидолиты залегают на туфоконглобрекциях и конглобрекциях видимой мощностью до 20 м, в которых присутствуют полуокатанные и угловатые обломки разнообразных кристаллических пород, а также кремнекислых лав. Предполагалось, что данные отложения имеют ледниковый генезис и являются мореной [Milanovsky, 2008], однако по своему строению, условиям залегания и наличию цементирующего обломки туфового материала, они могут представлять собой отложения аккумулятивной нагорной террасы. Вулканогенно-осадочные отложения залегают на коре выветривания, развитой на палеозойских гранитах, которая 60 лет назад Е.Е. Милановским и Н.В. Короновским была определена как сарматская [Милановский, Короновский, 1961], а сейчас одним из авторов определяется как постмэотическая, образованная не ранее понтического века.

Таким образом, в западном, северном и восточном Приэльбрусье фиксируется ряд самостоятельных и разновозрастных центров извержений пород, которые можно отнести к флюидолитам – породам, характеризующимся флюидизированным состоянием при извержении, петрографические особенности которых были отмечены ранее [Короновский и др., 2010; 2011; 2013]. Они не являются игнимбритами – продуктами отложения и дальнейшего спекания материала пирокластических потоков.

Далее к востоку от Эльбруса в долине р. Кыртык располагается интрузивное тело (см. рис. 1: – 13) – силл (или лакколит) гранит-порфиров с К-Аг возрастом $1,79 \pm 0,05$ млн. лет, определенным по калиевому полевому шпату, и $1,87 \pm 0,06$ млн. лет, определенным по биотиту [Чернышев и др., 2011]. Внедрившись в близповерхностные условия на контакте глинистых сланцев нижней юры и гнейсов протерозоя, гранит-порфиры обладают ничтожным, в 2–3 см, контактом с глинистыми сланцами, свидетельствующим о низкой температуре внедрившегося расплава. Еще восточнее р. Баксан прорезает массив так называемых Эльджуртинских гранитов (см. рис. 1: – 18), возраст которых по последним $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ данным по биотиту варьирует от $2,48 \pm 0,03$ млн. лет до $1,26 \pm 0,03$ млн. лет (последнее значение – для пород с глубины 3825 м ниже русла р. Баксан) [Hess et al., 1993], по калиевому полевому шпату варьирует от $2,78 \pm 0,09$ млн. лет до $2,09 \pm 0,09$ млн. лет [Gazis et al., 1995]. В то же время К-Аг изотопный возраст риолитовых некков и даек, прорывающих Эльджуртинские граниты, равняется 1,95–1,90 млн. лет [Лебедев и др., 2004]. Все эти данные вызывают много вопросов, так как в позднем плиоцене – гелазии рельеф уже был создан. Он был не таким расчлененным, как сейчас, но все речные долины – Малки, Баксана, Чегема,

Черка – уже были сформированы, и реликты этих долин хорошо прослеживаются на относительных высотах в 700–800 м над современными руслами рек. К-Аг изотопный возраст Эльджуртинских гипабиссальных гранитов по материалам исследователей, начиная с 60-х годов прошлого века, колебался от 116 млн. лет до $1,6 \pm 0,3$ и 1,05 млн. лет, определенный по биотиту, и от 45 млн. лет до 0,85 млн. лет, определенный по калиевому полевому шпату [Лебедько, Усик, 1985]. Поэтому лучше всего опираться на геологические данные для определения возраста новейших вулканитов.

Восточнее массива Эльджуртинских гранитов находятся два вулканических нагорья – Верхнечегемское и Нижнечегемское – где в первом расположена вулcano-тектоническая впадина (см. рис. 1: – 14), выполненная кислыми вулканитами мощностью до 2 км, а во втором – обширный покров кислых вулканитов (см. рис. 1: – 17), мощность пород в котором может достигать 270 м. В многочисленных работах, посвященных вулканизму этих районов (но не во всех), предполагается, что они образовались из протяженных – до 45 км – пирокластических потоков, превратившихся в типичные игнимбриты, сформировавшиеся в результате спекания пирокластического материала [Лятифова, 1993; Lipman et al., 1993; Gazis et al., 1995; Новейший..., 2005, с. 346–347; Типы..., 2006, с. 285–292].

Относительно огромной массы кислых пород Верхнего Чегема можно высказать и другое предположение, заключающееся в признании их своеобразного, но в принципе лавового генезиса. Хотелось бы обратить внимание на огромную мощность – до 2 км – кислых вулканитов, не имеющих перерывов, обладающих прекрасно выраженной тонкой столбчатой отдельностью, пронизывающей так называемые «единицы потока» (рис. 6), то есть какие-то порции извергающегося материала, что свидетельствует об их быстром, последовательном извержении. Об однородности вулканитов свидетельствует их неизменяющийся объемный вес – $2,4 \text{ г/см}^3$ – на протяжении 1,8 км, и практически неизменный минеральный состав [Короновский, 1976]. По всему разрезу встречаются фьямме – изометричные в плане и линзовидные в разрезе, размером чаще всего до 1,5 см, но местами достигающие и 25–30 см и превращающиеся в тонкие, волнисто-изогнутые полосы. Присутствует и еще один тип фьямме – это черные стекловатые линзочки в поперечном разрезе до 1–2 мм, редко больше, местами, особенно в нижней части разреза, сливающиеся в стекловатую массу до 20 и даже 30–35 м мощности. Именно в этом слое местами развиты сферолоиды [Короновский, 2019]. Подобные стекловатые темно-серые, местами черные, риодациты распространены и в верхах разреза основной части толщи в западной части вулcano-тектонической впадины; черные стекловатые фьямме встречаются и в породах, залегающих в самых верхах толщи на куполе Водораздельном на высотах около 3650 м. На

правом склоне долины р. Чегем, в районе гор Гихи и Булунгу (см. рис. 1: – 15, 16), в толще вулканитов также имеются прослои черных смоляновидных пород с резкими контактами, залегающие в средней и даже в верхней частях разреза.



***Рис. 6. Столбчатая отдельность в толще верхнеплиоценовых кислых вулканитов
Верхнечегемского нагорья***

Черные смоляновидные риодациты распространены и в молодом позднеоплейстоценовом экструзивном массиве, называемом Башильским валом (см. рис. 1: – 10), где они залегают вертикально. Еще в одном обнажении в долине р. Сырынсу, где имеется единственный достоверно установленный подводящий канал (см. рис. 1: – 20) для всей толщи кислых вулканитов, хорошо видно, как черные стекловатые риодациты располагаются в канале на глубине 100–200 м, что было отмечено еще в середине прошлого века Ю.П. Масуренковым, который описывал черные витрофиры как прослои лав [Масуренков, 1961]. По нашим данным [Короновский, Лебедев-Зиновьев, 1973; Короновский, 1976], в этом подводящем канале наблюдается постепенный переход риодацитовых лав с хорошо выраженной флюидалностью в породы, которые в ряде работ называются игнимбритами, то есть спекшимися туфами.

Характер залегания основной части толщи кислых вулканитов свидетельствует о том, что она формировалась очень быстро, без перерывов. Одновременно с извержениями происходило проседание фундамента, в результате чего образовалась глубокая вулкано-

тектоническая впадина, но не кальдера. Только в одном месте в юго-западной ее части вулканиты были как бы «выплеснуты» на ее края, учитывая, что там в основании толщи присутствует локальная пачка туфов (рис. 7, 8).

Строение подводящего канала в долине р. Сырынсу (см. рис 1: – 20) позволяет высказать предположение о том, каким образом могла извергаться огромная масса кислых вулканитов практически без перерывов, и при этом обладая почти повсеместно одинаковым строением. На глубине в 200–300 м в подводящем канале в риодацитах различаются светлые полосы на фоне более темной массы. Эти полосы обладают большей пористостью и раскристаллизацией стекла, и при перемещении вверх они увеличиваются в ширину и разрываются, образуя линзовидные включения с размочаленными концами, которые чаще всего принимают за сплюснутые пемзовые обломки. Агрегаты, составляющие индивиды в обоих случаях, сложены кварцем, санидином, редким рассеянным титаномагнетитом и глинистым минералом, заполняющим поровое пространство, однако в светлых полосах содержится меньше индивидов санидина по сравнению с темными полосами (рис. 9). Возможное объяснение быстрого излияния подвижной кислой магмы может быть связано с влиянием водного флюида (то есть смеси газа и воды) на резкое снижение вязкости магмы и быстрое ее диспергирование с превращением в подвижную псевдооживленную массу, которая и устремляется по наклону субстрата [Арсанова, 2019]. В этом процессе особую роль должен играть так называемый сверхкритический водный флюид [Арсанова, 2019], а под флюидом в физике понимается такое состояние газа при высоких давлениях и температуре, когда он превращается в вещество, похожее на жидкость, и, таким образом, во флюидной фазе имеет свойства как жидкости, так и газа. Критическая температура водного флюида составляет +374 °С при давлении 22 Мпа, добавление CO₂ и других газов снижает эту температуру [Арсанова, 2019]. Описанные Г.И. Арсановой причины снижения вязкости магмы делают возможным существование скользкой смазки между силикатными частицами, что мы и наблюдаем в черных смоляновидных породах и во всей остальной толще кислых вулканитов Верхнего Чегема. Таким образом, огромная масса кислых вулканических пород, выполняющих вулcano-тектоническую впадину глубиной до 2 км, могла образоваться за счет очень быстрого истечения высокоподвижной кислой магмы, что на первый взгляд кажется необычным.



Рис. 7. Верхнечегемская вулcano-тектоническая депрессия (по [Lirman et al., 1993] с изменениями авторов): 1 – юрские карбонатные, глинистые и терригенные отложения неразделенные, 2 – верхнеплиоценовые туфы и туффиты, 3 – верхнеплиоценовые риолиты и риодациты, 4 – позднеплиоценовые гранодиорит-порфиры, 5 – предполагаемые центры извержений верхнеплиоценовых вулканитов (кроме дайки Сырыксу – достоверно установленного центра), 6 – гелазий-эоплейстоценовые андезиты, 7 – верхнеэоплейстоценовые дацитовые туфы, 8 – центры извержений верхнеэоплейстоценовых вулканитов, 9 – предполагаемые границы распространения верхнеплиоценовых вулканитов сразу после образования вулcano-тектонической депрессии, 10 – направление распространения материала во время извержений в позднем плиоцене, 11 – разрывное нарушение в породах субстрата

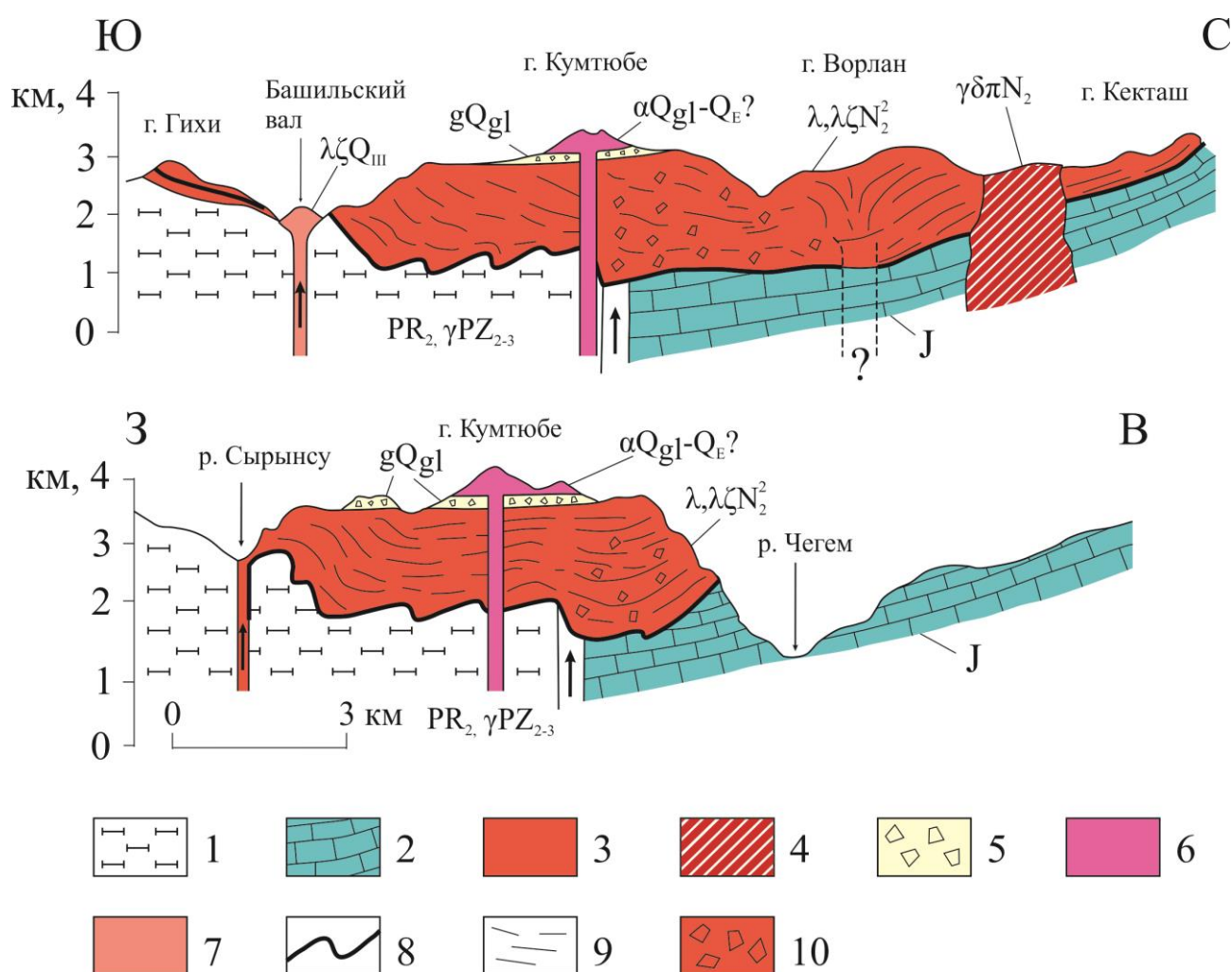


Рис. 8. Схематические профили через Верхнечегемскую вулcano-тектоническую депрессию: 1 – позднепротерозойские кристаллические сланцы и гнейсы, а также средне-позднепалеозойские гранитоиды неразделенные, 2 – юрские карбонатные, глинистые и терригенные отложения неразделенные, 3 – верхнеплиоценовые риолиты и риодациты, 4 – позднеплиоценовые гранодиорит-порфиры, 5 – моренные отложения, 6 – гелазий-эоплейстоценовые андезиты, 7 – позднеэоплейстоценовые риолиты и автомагматические брекчии, 8 – черные смоляновидные риолиты, 9 – ориентировка фьямме, 10 – ксенолиты верхнеюрских известняков

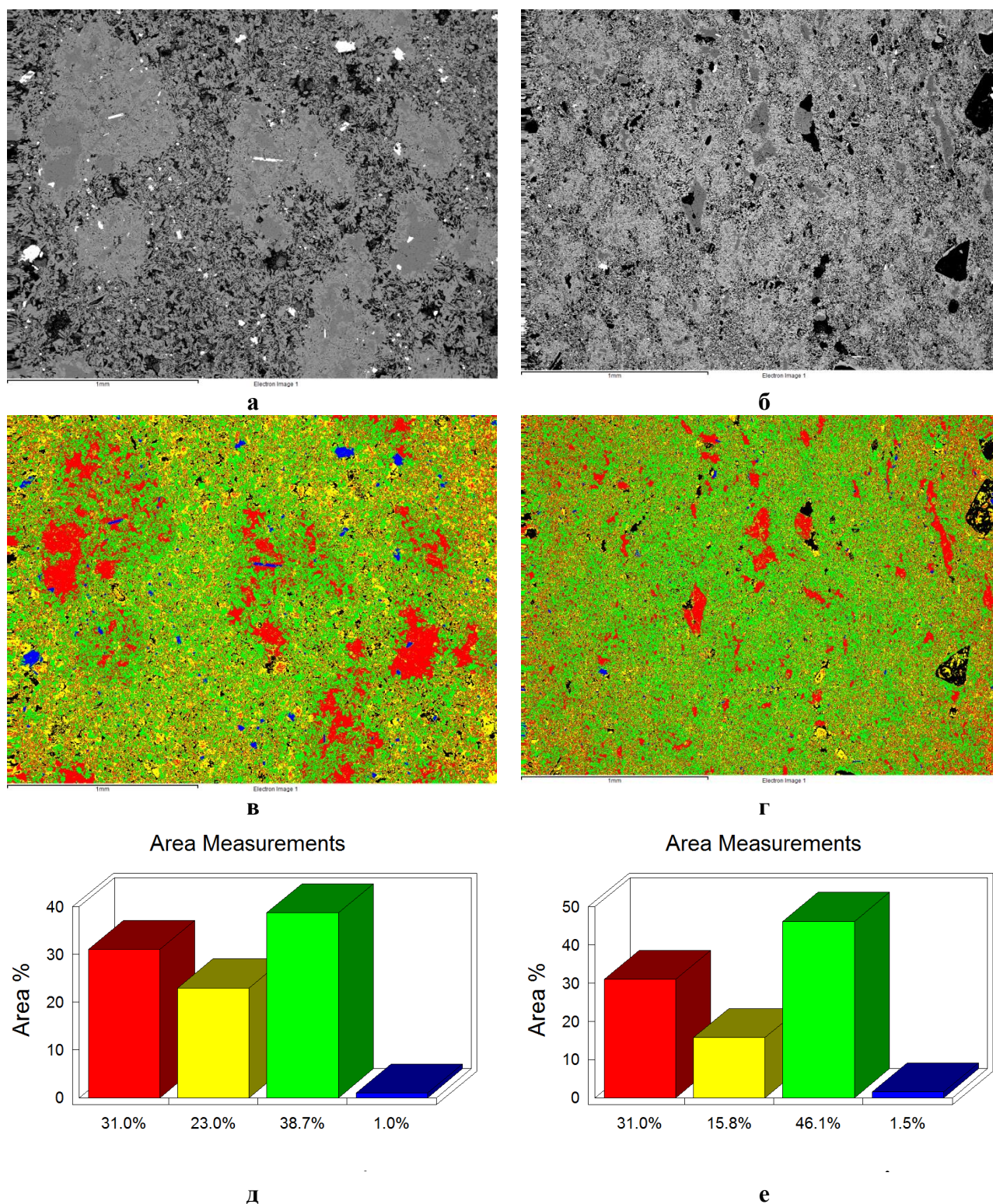


Рис. 9. Минеральный состав светлых (а, в, д) и темных (б, г, е) полос в полосчатых риодацитах, слагающих центральную часть подводящего канала Сырыну для верхнеплиоценовых вулканитов Верхнечегемской вулcano-тектонической депрессии. Фото в отраженных электронах. Q – кварц, San – санидин, Cl – глинистый минерал, Timt – титаномагнетит

«Анатомия» Нижнечегемского покрова резко отличается от массы кислых вулканитов Верхнего Чегема. Вулканиты Нижнего Чегема залегают плащеобразно на большой площади (см. рис. 1: – 17), перекрывая уже начавший формироваться куэстовый рельеф восточной части зоны моноклинали Центрального Кавказа [Государственная..., 2011]. Мощность покрова вулканитов, занимавших первоначально площадь более 1000 км², не превышает 270 м и обычно колеблется от 70–100 м до 150–200 м. Особенностью покрова является его резкая фациальная изменчивость как с юга на север, так и в широтном направлениях. Снизу вверх в разных разрезах также прослеживается смена совершенно разных вулканитов от практически чистой пемзы до плотно спекшихся туфов – игнимбритов. Важной особенностью всех вулканитов является присутствие ксенолитов пород, перекрываемых вулканическим покровом, то есть местных. Особенно хорошо это прослеживается там, где вулканиты перекрывают разные породы нижнего и верхнего мела, а на севере – и палеогена. Строение всей толщи вулканитов свидетельствует о ее явно пирокластическом происхождении, отличающимся по многим параметрам от риолитов и риодацитов Верхнего Чегема. О таком генезисе упоминал в своей ранней работе Ю.П. Масуренков [1961].

Достоверных центров извержений до настоящего времени не установлено, хотя они и предполагаются по деформациям основания покрова и подстилающих пород. Судя по строению находящихся близко друг от друга разрезов вулканитов покрова, центров должно быть много, как и предполагалось в работе [Масуренков, 1961].

В пределах Нижнечегемского покрова, возраст которого определяется в $2,5 \pm 0,2$ млн. лет К-Аг методом по биотиту [Борсук, 1979], 2,6 млн. лет К-Аг методом по породе [Багдасарян, 1981], $2,72 \pm 0,27$ млн. лет $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом по биотиту и $2,81 \pm 0,03$, $2,77 \pm 0,11$ и $2,79 \pm 0,07$ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом по санидину [Gazis et al., 1995], наблюдаются продукты еще двух более молодых фаз вулканической активности. К первой из них, гелазий-эоплейстоценовой, относятся пирокластические, вулканогенно-осадочные и вулканомиктовые отложения кызбурунской и баксангэсской толщ (см. рис. 1: – 12) [Милановский, Короновский, 1969; 1973], для которых центр извержений может только предполагаться выше их распространения по долине р. Баксан. Ко второй из них относятся верхнеэоплейстоценовые дацитовые туфы, расположенные в долине р. Чегем в обоих бортах реки у с. Нижний Чегем; дацитовые и риодацитовые туфы в районе с. Заюково в долине р. Мешоко, последние из которых содержат черные стекловатые фьямме; эруптивная вулканическая брекчия в правом борту р. Гунделен в 7,5 км вверх по ее течению от места впадения в р. Баксан [Милановский, Короновский, 1969], а также образования в правом борту последней выше по течению от с. Лашкута (см. рис. 1: – 11). К продуктам данной фазы

активности в отчете [Емкужев и др., 2014] также относятся вулканомиктовые песчано-гравийные отложения с глинисто-пепловым цементирующим материалом, расположенные в среднем течении р. Ханагок и в 2,5 км к северо-востоку от северо-восточной окраины с. Лашкута, однако в них содержатся куски обсидианов, таких же, какие содержатся и в отложениях баксангэсской толщи, поэтому они могут относиться к более древней гелазий-зоплейстоценовой фазе активности.

Не останавливаясь на других вопросах кислых вулканитов Эльбрусской области, отметим, что Нижнечегемский покров представляет собой вполне самостоятельную структуру, вулканиты которой имеют явно пирокластическое происхождение из обособленных центров извержений, активность которых была максимальна в позднем плиоцене, а в дальнейшем постепенно затухала вплоть до позднего неоплейстоцена. Вулканиты, выполняющие Верхнечегемскую вулcano-тектоническую впадину, образовались в результате быстрого извержения высокоподвижной массы и одновременного такого же быстрого проседания. Верхнечегемская депрессия не является источником вулканогенного материала для Нижнечегемского покрова. Вопрос о положении магматических очагов для этих двух структур остается неясным. Скорее всего, их было два, за счет как субмеридиональных разрывных зон, так и субширотных в Нижнем Чегеме.

Вопрос о характере и генезисе фьямме во всех кислых вулканитах Эльбрусской области заслуживает особого рассмотрения, так как служит, по мнению многих геологов, доказательством происхождения вулканогенных пород за счет спекания или сваривания материала пирокластических потоков. Во всех вулканитах, там, где фьямме присутствуют, они обладают разной формой, размерами и генезисом. В одних случаях они, действительно, могут быть сплюснутыми обломками пемзы, в других – это разорванные струи в жидкой лавовой массе. Если фьямме находятся в интрузивном залегании, как, например, в Северном Приэльбрусье или в Башильском вале и канале Сырынсу на Верхнем Чегеме, то спеканием обломков пемзы их объяснить невозможно. Таким образом, фьямме могут иметь разное происхождение и не являться индикатором происхождения пород в результате спекания материала пирокластического потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арсанова Г.И.* Роль воды в вулканизме // Вулканология и сейсмология. 2019. № 4. С. 69–80.
- Багдасарян Г.П., Ляхович В.В.* Новые данные по абсолютному возрасту горных пород Тырныауза // Геология рудных месторождений. 1981. № 4. С. 97–102.

Богатилов О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г., Катов Д.М., Пурига А.И. Эльбрусская кальдера (Северный Кавказ) // ДАН. 1998. Т. 363. № 4. С. 315–317.

Борсук А.М. Мезозойские и кайнозойские магматические формации Большого Кавказа. М.: Наука, 1979. 299 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист К-37 (Сочи), К-38 (Махачкала), К-39. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Серия Кавказская. Лист К-38-I, VII (Кисловодск). М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013.

Емкужев М.С., Шишчалов И.Ю., Антонова В.А. и др. Отчет о результатах работ по объекту № 1-17/11 «Поисковые работы на вулканогенные породы в междуречье Нальчик-Куркужин, как сырья для производства легких строительных материалов (Кабардино-Балкарская Республика)» в 3 книгах и 1 папке. Нальчик, 2014. 637 с.

Короновский Н.В. Геологическое строение и история развития вулкана Эльбрус. В кн.: Оледенение Эльбруса. М.: МГУ, 1968. С. 15–72.

Короновский Н.В. Строение базального горизонта риолитовой толщи и его происхождение (Северный Кавказ, Верхний Чегем) // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. № 1. С. 6–16.

Короновский Н.В. Строение Верхнечегемского вулканического нагорья (Северный Кавказ) и проблема подвижности кислых лав // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1976. № 5. С. 16–29.

Короновский Н.В., Дёмина Л.И., Мышенкова М.С. Флюидолиты – горные породы нового генетического типа Эльбрусского вулканического района // ДАН. 2010. Т. 434. № 2. С. 1–4.

Короновский Н.В., Дёмина Л.И., Мышенкова М.С. Флюидолиты Северного Приэльбрусья // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2011. № 1. С. 8–14.

Короновский Н.В., Дёмина Л.И., Промылова М.Ю., Мышенкова М.С. Признаки глубинных взрывов флюидов в продуктах самостоятельного центра извержения Битюк-тюбе (Западное Приэльбрусье) // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2013. № 2. С. 7–15.

Короновский Н.В., Лебедев-Зиновьев А.А. Строение дайки в долине р. Сарын-Су (Верхнечегемское вулканическое нагорье, Северный Кавказ) // Известия АН СССР. Сер. геол. 1973. № 1. С. 56–64.

Лебедев В.А., Бубнов С.Н., Якушев А.И. Магматическая активность на Северном Кавказе в раннем неоплейстоцене: активные вулканы Эльбрусского центра, хронология и характер извержений // ДАН. 2011. Т. 436. №1. С. 79–85.

Лебедев В.А., Сахно В.Г., Якушев А.И. Общая продолжительность и пространственная миграция четвертичного вулканизма в Приэльбрусье (Большой Кавказ) // ДАН. 2010. Т. 430. № 2. С. 232–238.

Лебедев В.А., Чернышев И.В., Чугаев А.В., Аракелянц М.М. Продолжительность молодого (плиоценового) интрузивного магматизма в Тырныаузском рудном поле, Северный Кавказ: новые K-Ar и Rb-Sr данные // ДАН. 2004. Т. 396. № 2. С. 244–248.

Лебедько Г.И., Усик В.И. Геохронология Северного Кавказа. Издательство Ростовского университета, 1985. 148 с.

Лятифова Е.Н. Петрология плиоценового вулканизма Чегемского кальдерного комплекса (Северный Кавказ): автореферат ... кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.08. Москва, 1993. 25 с.

Масуренков Ю.П. Кайнозойский вулканизм Эльбрусской вулканической области. Труды ИГЕМ. М.: Изд. АН СССР. 1961. Вып. 51. 132 с.

Милановский Е.Е., Короновский Н.В. Нижнечегемский вулканический район (Северный Кавказ) // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1969. № 4. С. 15–29.

Милановский Е.Е., Короновский Н.В. Новые данные о древнейших этапах развития вулкана Эльбрус // ДАН СССР. 1961. Т. 141. № 2. С. 433–436.

Милановский Е.Е., Короновский Н.В. Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 1973. 278 с.

Новейший и современный вулканизм на территории России. М.: Наука, 2005. 604 с.

Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.

Письменный А.Н., Терещенко В.В., Марченко Р.В. и др. Геологическая карта Кавказа масштаба 1:200000 листов К-38-VIII, XIV и К-38-II (Отчет Урухской геологосъемочной партии по геологическому доизучению и подготовке к изданию Госгеолкарты – 200 Кабардино-Балкарской республики, республики Северная Осетия – Алания и Ставропольского края по работам 1995–2001 г.г.). Ессентуки, 2001. 508 с.

Природные процессы на территории Кабардино-Балкарии / Ред. Н.П. Лаверов. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 438 с.

Пурига А.И., Греков И.И., Шемпелев А.Г. и др. Отчет по теме «Комплексное изучение вулкана Эльбрус для создания эталона неоген-четвертичного магматического комплекса» в 2 книгах и 1 папке. Книга 1. Ессентуки, 2001. 163 с.

Типы магм и их источники в истории Земли. Часть 1. Магматизм и геодинамика – главные факторы эволюции Земли. М.: ИГЕМ РАН, 2006. 398 с.

Чернышев И.В., Бубнов С.Н., Лебедев В.А., Гольцман Ю.В., Баирова Э.Д., Якушев А.И. Два этапа эксплозивного вулканизма Приэльбрусья: геохронология, петрохимические и изотопно-геохимические характеристики вулканитов и их роль в неоген-четвертичной истории Большого Кавказа // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 1. С. 100–130.

Чернышев И.В., Лебедев В.А., Бубнов С.Н., Гольцман Ю.В., Баирова Э.Д. Плиоценовые игнимбриты Приэльбрусья и их место в истории неоген-четвертичного вулканизма Большого Кавказа (изотопно-геохронологические данные) // ДАН. 2011. Т. 436. № 2. С. 247–252.

Gazis C.A., Lanphere M., Taylor H.P., Gurbanov A.G. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ studies of the Chegem ash-flow caldera and the Eldjurtu Granite: Cooling of two Pliocene igneous bodies in the Greater Caucasus Mountains, Russia // Earth and Planetary Science Letters. 1995. Vol. 134. P. 377–391.

Gurbanov A.G., Bogatikov O.A., Melekestsev I.V., Lipman P.W., Lowenstern J.B., Miller D.R., Dokuchaev A.Ya. The Elbrus caldera in the Northern Caucasus: geological structure and time of formation // Russian Journal of Earth Sciences. 2004. Vol. 6. No. 4. P. 251–255.

Hess J.C., Lippolt H.J., Gurbanov A.G., Michalski I. The cooling history of the late Pliocene Eldzhurtinskiy granite (Caucasus, Russia) and the thermochronological potential of grain-size / age relationships // Earth and Planetary Science Letters. 1993. Vol. 117. P. 393–406.

Lipman P.W., Bogatikov O.A., Tsvetkov A.A., Gazis C., Gurbanov A.G., Hon K., Koronovsky N.V., Kovalenko V.I., Marchev P. 2.8-Ma ash-flow caldera at Chegem River in the northern Caucasus Mountains (Russia), contemporaneous granites, and associated ore deposits // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1993. Vol. 57. Issues 1–2. P. 85–124.

Milanovsky E.E. Origin and development of ideas on Pliocene and Quaternary glaciations in northern and eastern Europe, Iceland, Caucasus and Siberia. In History of Geomorphology and Quaternary Geology. Geological Society, London, 2008. Special Publication, 301. P. 87–115.

УДК 551.217.1

О НАИБОЛЕЕ ПРОТЯЖЕННЫХ ЛАВОВЫХ ПОТОКАХ ЭЛЬБРУССКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Мышенкова М.С., Короновский Н.В.

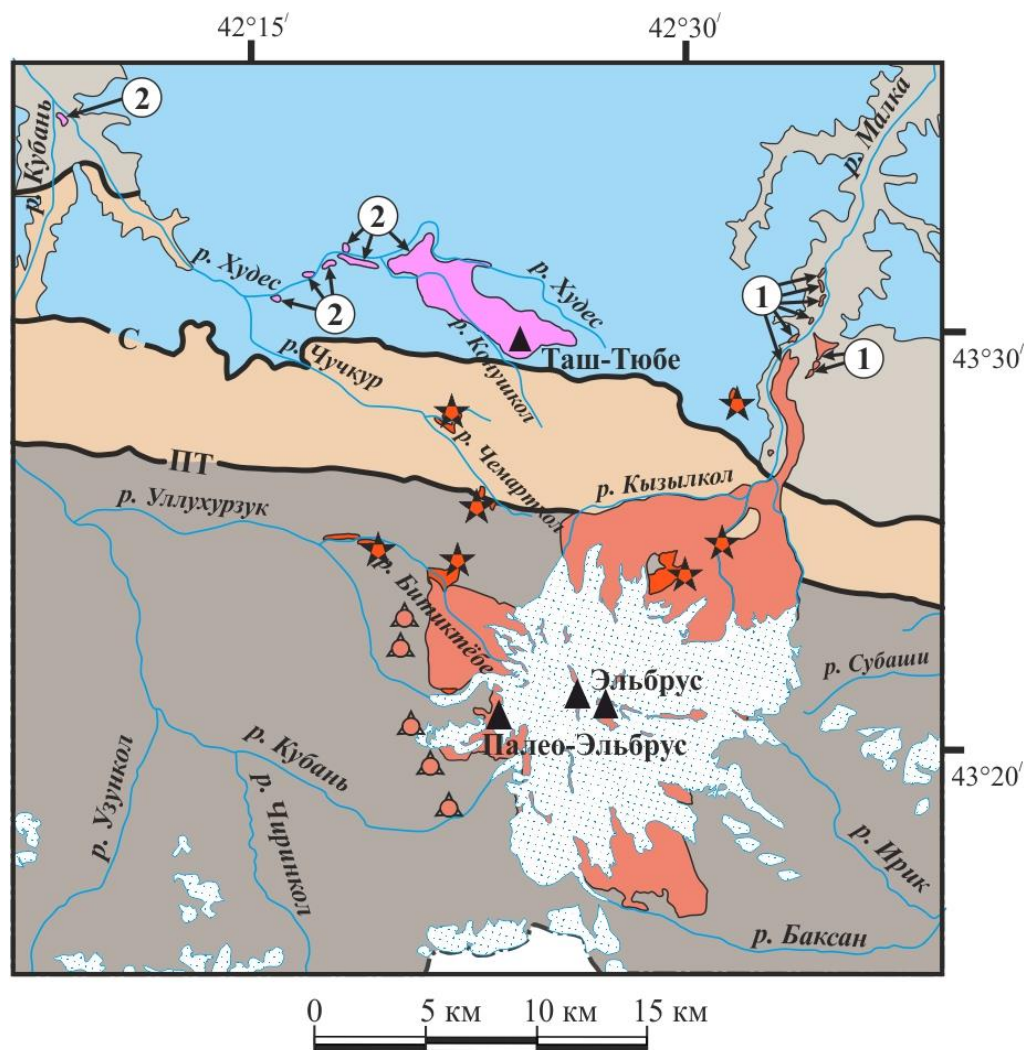
Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Вулкан Эльбрус расположен в пределах Бокового хребта Большого Кавказа в 10 км к северу от Главного Кавказского хребта и представлен вулканическим конусом с двумя вершинами: Западной (5642 м) и Восточной (5621 м). Он возвышается над окружающими горными хребтами, которые в среднем находятся на уровне 3500–3700 м. Этот уровень представляет собой реликты выровненной поверхности.

Вулканическая постройка собственно вулкана Эльбрус начала формироваться со среднего неоплейстоцена. В истории развития вулкана на основе геолого-геоморфологических и петрологических данных выделяется 4 этапа активности, каждый из которых начинался с эксплозивных извержений. Продукты первого этапа активности на западном склоне Эльбруса наращивают разрез вулканогенных образований, связанных с деятельностью более древнего вулкана, называемого Кюкюртли [Пурига и др., 2001; Газеев, 2003] или Палео-Эльбрус [Лебедев и др., 2011] (рис. 1), который проявлял активность в плейстоцене до формирования современной вулканической постройки Эльбруса. К продуктам данного этапа активности также относятся потоки лав дацитового состава, слагающих низы разреза толщи новейших вулканитов на южном склоне Эльбруса и образованных в период между первой и второй фазами терского оледенения, который формально соответствует МИС 7 (243–191 тыс. лет).

Следующий этап активности, дацитовые лавы которого наращивают разрезы на западном, юго-западном и южном склонах Эльбруса, происходил, вероятно, во время терско-безенгийского межледникового, формально соответствующего МИС 5 (126–71 тыс. лет). Вулканический пепел, соответствующий по составу эльбрусским вулканическим образованиям и залегающий в виде линзы в верхнехазарских отложениях на правом борту р. Волги у с. Владимировка, $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ возраст которых составляет 122 ± 13 тыс. лет [Газеев и др., 2011], может быть связан с эксплозивными извержениями, предварявшими излияния лав во время данного этапа активности.

Следующий этап активности происходил в период между первой и второй фазами безенгийского оледенения, который формально соответствует МИС 3 (57–29 тыс. лет).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Четвертичные вулканогенные образования:

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | а Кислые вулканы туфового и игнимбритового облика (а - выходы вулканитов, б - центры извержений) | | Карачаево-Черкесский горст-антиклинорий |
| | а Вулканогенные образования кислого состава (а - выходы вулканитов, б - жерловые тела и неки, не выражающиеся в масштабе карты), в том числе: 1 - Малкинский поток | | Поднятие Передового хребта |
| | Вулканы среднего состава (2 - андезидациты, андезиты, трахиандезиты вулкана Таш-Тюбе) | | Поднятие Главного хребта |
| <u>Складчато-глыбовое поднятие Центрального Кавказа:</u> | | | Структурные швы (разломы: ПТ - Пшекиш-Тырныауский, С - Северный) |
| | Лабино-Малкинская зона прерывистой складчатости | | Вулканы |
| | | | Ледники |
| | | | Граница Российской Федерации |

Рис. 1. Схема проявлений четвертичного вулканизма в районе вулкана Эльбрус

(составлена по данным [Милановский, Короновский, 1973; Пурига и др., 2001; Лебедев и др., 2011; Государственная..., 2011; 2013] с изменениями авторов)

В это время происходило излияние дацитовых лав, нарастивших разрез на южном склоне Эльбруса, Кызылкольского и Малкинского потоков, спустившихся по его северному склону, а также образование эффузивного покрова на западном склоне на водоразделе рек Битиктёбе и Уллухурзук. Под лавами последнего в левом борту р. Битиктёбе и в правом борту ледникового цирка Кукуртли обнажается пирокластическая толща, образовавшаяся во время эксплозивных извержений, с которых начался данный этап активности. До начала второй фазы безенгийского оледенения после лавовых излияний было как минимум три эпизода эксплозивной активности, с первым из которых связано образование пепло-пемзового покрова, сохранившегося на северном подножии Эльбруса в правом борту ледника Уллучиран, в районе перевала Бурунташ и в нижнем течении р. Бирджалысу, со вторым и третьим – грубообломочных туфов, наращивающих разрез в двух последних из перечисленных мест.

После отступления ледников второй фазы безенгийского оледенения началась последняя фаза вулканической активности Эльбруса, во время которой были образованы обе его вершины и многочисленные лавовые потоки, спускающиеся к северному и южному подножиям вулкана [Мышенкова, Короновский, 2020].

Подавляющая часть эльбрусских потоков обладает длиной до 10 км, несколько потоков достигает длины 12–13 км, однако Малкинский поток обладал длиной не менее 25 км, что является необычным для вулкана Эльбрус. Вдоль западной части этого потока сейчас протекает р. Малка, истоки которой находятся у водопада Султан, где сливаются две реки – Бирджалысу и Кызылкол. Выше устья р. Каракаясу поток пока еще не вскрыт р. Малкой до своего основания. По всей видимости, лавовый поток заполнил троговую долину, выработанную во время первой фазы безенгийского оледенения. Лавы обладали большой подвижностью, затекли даже в долину р. Шаукол – правый приток р. Малки – и распространились вверх по ее уклону более чем на 1 км. Севернее устья р. Шаукол, до места слияния рек Гитче-Тузлук и Малка, лавы потока сохранились в левом борту последней в виде нескольких разрозненных останцов.

Поверхность Малкинского потока на правом борту реки представляет собой остатки днища и, частично, склонов троговой долины, выработанной во время второй фазы безенгийского оледенения (рис. 2). На поверхности данного трога сохранились отдельные валуны гранитов и лав моренного происхождения, а в северной части Малкинского потока на его поверхности сохранились остатки узкой висячей боковой долины трога с высотой ее крутых V-образных бортов в приустьевой части около 100–120 м (рис. 3).



Рис. 2. Поверхность Малкинского потока в верховьях р. Малка, сглаженная ледниковой деятельностью во время второй фазы безенгийского оледенения



Рис. 3. Остатки троговой долины, выработанной во время второй фазы безенгийского оледенения в северной части Малкинского потока

Данная боковая долина развита практически вдоль осевой части потока и имеет устьевую ступень высотой около 40 м.

В обнажениях потока, общая мощность которого местами достигает 200 м, встречаются единичные, обычно не выдержанные по простирацию и быстро выклинивающиеся прослои шлаков и лавобрекчий, в то время как в голоценовых потоках дацитов мощностью в первые десятки метров присутствуют лавобрекчии, свидетельствующие об импульсах излияний, которые фиксируются и на поверхности типичных аа-лав валами высотой до 10–15 м. Макроскопически лавы Малкинского потока представлены красно-черными пятнистыми и полосчатыми, а также кирпично-красными, фиолетово-красными, буровато-красными и черными разностями, содержащими значительное количество белых вкрапленников плагиоклаза размером до 0,5 см. По петрохимическому составу лавы соответствуют дацитам [Молявко и др., 1980]. Для лав характерно развитие грубой столбчатой отдельности, прослеживающейся на многие десятки метров по вертикали.

Малкинский поток, имея меридиональную ориентировку, приурочен к долине, заложившейся по разлому или флексурной зоне северо-северо-восточного простираения, по которой восточный борт приподнят, а западный – опущен. Это фиксируется присутствием ниже-среднеюрских терригенных, вулканических и вулканогенно-осадочных отложений на западе, тогда как на востоке обнажаются позднепротерозойские кристаллические сланцы поднятия Шаукамнысырт [Государственная..., 2013]. К этой субмеридиональной зоне также приурочен вытянутый в меридиональном направлении приблизительно на 1,5 км голоценовый экструзивный купол, расположенный у истоков р. Гитчекоянсу к северу от окончания ледника Кынчырсырт [Мышенкова, Короновский, 2020].

Еще один протяженный поток расположен севернее Передового хребта в пределах Бечасынской структурно-формационной зоны, приурочен к древней долине р. Худес и связан с вулканом Таш-Тюбе или Худесским щитовым вулканом. Вулканический аппарат Таш-Тюбе находится непосредственно над погружающимся под него с юга региональным Северным разломом (рис. 4), ограничивающим с севера образования структурно-вещественного комплекса грабен-синклиория Передового хребта [Пурига и др., 2001] (см. рис. 1). От вулканического конуса Таш-Тюбе (2482 м) на 15 км вниз по левому борту долины в междуречье Худес – Конушкол (левый приток р. Худес) прослеживается единый поток лав андезидацитового, андезитового, реже трахиандезитового состава мощностью до 150 м и шириной от 1,5 до 2,5 км. Ниже по течению р. Худес он сильно расчленен эрозией и от него сохранились лишь небольшие останцы. В.А. Лебедевым с коллегами [Лебедев и др., 2011]

выявлено петрографическое и петрохимическое сходство лав вулкана Таш-Тюбе с лавовым останцом, расположенным в устье р. Худес в 30 км ниже по течению от вулканического аппарата.

Возраст продуктов вулкана Таш-Тюбе или Худесского щитового вулкана остается дискуссионным. Радиоуглеродный ^{14}C возраст углефицированных остатков из аллювиальных отложений в основании одного из останцов лавового потока этого аппарата, равный $33,1 \pm 0,7$ тыс. лет [Газеев, 2003], скорее всего, как отмечено в работе [Лебедев и др., 2011], отражает время образования аллювия, прилегающего к лавовому останцу.

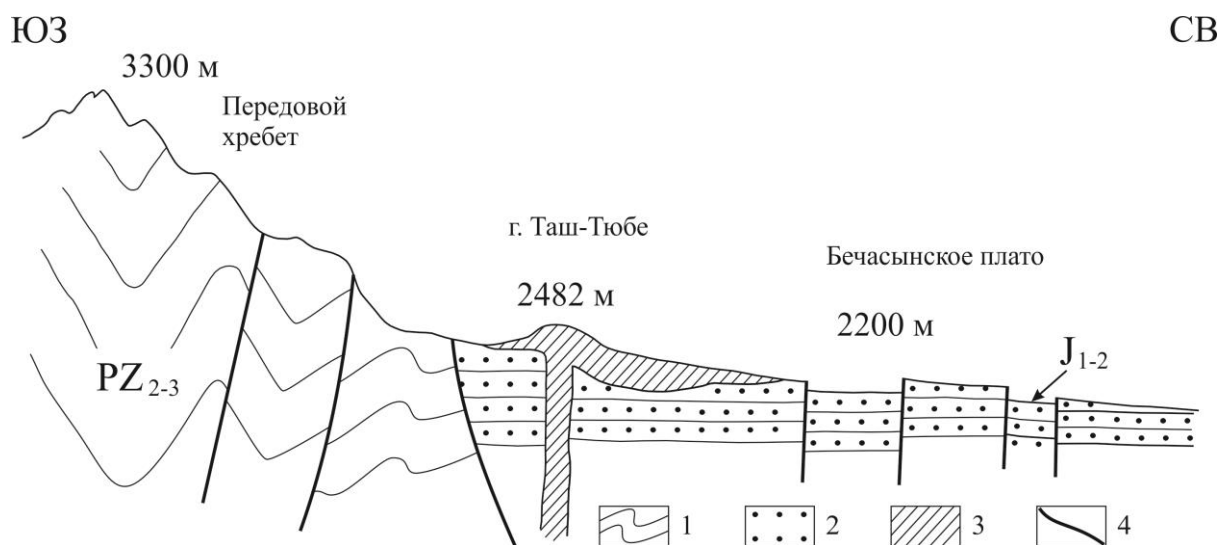


Рис. 4. Истоки Худесского потока вулкана Таш-Тюбе, образовавшегося рядом с границей Передового хребта и Бечасынского плато. Нижне-среднеюрские отложения нарушены сбросами: 1 – средне-верхнепалеозойские образования зоны грабен-синклиория Передового хребта; 2 – нижне-среднеюрские терригенные отложения; 3 – андезидациты, андезиты, реже трахиандезиты вулкана Таш-Тюбе; 4 – разрывные нарушения

На более древний возраст указывают интенсивно сглаженная экзарацией поверхность лав и расположение подошвы останцов потока на высоте десятков [Пурига и др., 2001; Газеев, 2003] или даже сотен метров [Лебедев и др., 2011] над современным руслом р. Худес. Изотопный возраст лав в междуречье Худес – Конушкол (830 ± 30 тыс. лет) и останца в устье р. Худес (750 ± 40 и 690 ± 50 тыс. лет) определялся К-Аг методом по основной массе пород [Лебедев и др., 2011], однако не исключено, что полученные значения могут быть удревнены.

Кровля Худесского потока сглажена в результате экзарационной деятельности ледника, что свидетельствует о его образовании как минимум до начала наступания ледников во время второй фазы безенгийского оледенения. В связи с тем, что данные о положении подошвы лав над современным руслом р. Худес, приводимые разными

исследователями, различаются, установление нижнего возрастного предела формирования потока при помощи геолого-геоморфологического метода требует дополнительных полевых исследований.

Таким образом, в районе Эльбрусского вулканического центра присутствуют два аномально длинных лавовых потока, изливавшихся без перерывов из своих подводящих каналов. Хотя лавы Малкинского потока по составу являются более кислыми, чем лавы Худесского потока, их высокая подвижность и распространение на большое расстояние, скорее всего, были обусловлены высокой температурой расплава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Газеев В.М. Петрология и потенциальная рудоносность Эльбрусского вулканического центра (Северный Кавказ): диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.04. М., 2003. 177 с.

Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Лексин А.Б., Докучаев А.Я., Исаков С.И. Плиоцен-четвертичные пеплы на территории Южного Федерального Округа (проблемы, парадоксы, идеи) // Вестник Владикавказского научного центра. 2011. Т. 11. № 3. С. 39–47.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист К-37 (Сочи), К-38 (Махачкала), К-39. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Кавказская. Лист К-38-I, VII (Кисловодск). М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013.

Лебедев В.А., Бубнов С.Н., Якушев А.И. Магматическая активность на Северном Кавказе в раннем неоплейстоцене: активные вулканы Эльбрусского центра, хронология и характер извержений // ДАН. 2011. Т. 436. № 1. С. 79–85.

Милановский Е.Е., Короновский Н.В. Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 1973. 278 с.

Моляко В.Г., Остафийчук И.М., Короновский Н.В. Эволюция, химизм и генезис эффузивов Эльбруса // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1980. № 6. С. 31–46.

Мышенкова М.С., Короновский Н.В. Последняя фаза извержений вулкана Эльбрус (Северный Кавказ) // Динамическая геология. 2020. № 1. С. 15–27.

Пурига А.И., Греков И.И., Шемпелев А.Г. и др. Отчет по теме «Комплексное изучение вулкана Эльбрус для создания эталона неоген-четвертичного магматического комплекса» в 2 книгах и 1 папке. Книга 1. Ессентуки, 2001. 163 с.

УДК 55(1/9)

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ МОРФОМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ РЕЛЬЕФА И ПОКАЗАТЕЛЯМИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИМИ СОВРЕМЕННУЮ СЕЙСМИЧНОСТЬ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

А.О. Агибалов^{1,2}, В.А. Зайцев², А.А. Сенцов¹

¹*Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия*

²*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Территория Северо-Западного Кавказа достаточно хорошо изучена в геолого-геоморфологическом отношении, однако вопрос оценки взаимосвязи между рельефом и сейсмичностью на количественном уровне представляется недостаточно проработанным. На основе цифровой модели рельефа (ЦМР) разрешением 1 секунда (около 30 м) [Цифровая..., 2020] (рис. 1) нами были построены схемы морфометрических показателей, традиционно используемых в практике геоморфологических исследований [Симонов, 1999] и опосредованным образом связанных с характером неотектонических движений. К ним относятся: 1) крутизна склонов (рис. 2); 2) стандартные отклонения высот; 3) глубина вертикального расчленения (рис. 3); 4) плотность линеаментов (рис. 4); 5) разности базисных поверхностей 3 и 4, 4 и 5, 5 и 6 порядков (рис. 5-7). Первые 3 из перечисленных показателей характеризуют вертикальную расчлененность рельефа. Согласно [Нетребин, 2012, Философов, 1967], растущие новейшие поднятия, в общем случае, отличаются более контрастным, глубоко расчлененным рельефом по сравнению с испытывающими опускание участками. Для расчета глубины вертикального расчленения по методике А.И. Спиридонова [1975] изучаемая территория была разделена на квадратные ячейки, центрам которых были присвоены разности максимальной и минимальной высотных отметок. Линеаменты выделялись нами по комплексу геоморфологических признаков – резким перегибам рельефа, спрямленным участкам гидросети и т. д., более подробно рассмотренным в работе [Панина, 2019]. В этой связи параметр «плотность линеаментов» отражает горизонтальную и вертикальную расчлененность рельефа, а его взаимосвязь с новейшими тектоническими движениями аналогична первым трем из упомянутых морфометрических характеристик. Согласно [Философов, 1960], по повышенным значениям разности базисных поверхностей выделяются новейшие поднятия. Для составления схем разности изобазит с помощью программы «ArcGis» по методике [Нгуманов и др., 2016] нами был выполнен автоматизированный анализ ЦМР, предполагающий определение порядков водотоков и высотных отметок их базисов. Общее количество порядков водотоков – 8, из них для

последующего анализа были выбраны речные долины 3–6 порядков, поскольку водотоки старших порядков достаточно редки, а водотоки 1–3 порядков имеют малую протяженность, следовательно, соответствующие базисные поверхности практически полностью повторяют поверхность современного рельефа. По повышенным значениям высот, глубины вертикальной расчлененности рельефа, плотности линейных элементов и крутизне склонов (см. рис. 1–4) выделяется южная часть изучаемой области. На схемах разности изобазит (см. рис. 5–7) показано, что повышенные значения этого параметра характерны для юго-восточного сегмента рассматриваемой территории, свидетельствующие об устойчивом поднятии последнего на протяжении времени формирования водотоков 3–6 порядков.

Рассчитанные морфометрические показатели были сопоставлены с характеризующими современную сейсмичность параметрами — плотностями эпицентров землетрясений (рис. 8) и активных разломов (рис. 9), рассчитанным по данным [Рогожин и др., 2014], скоростями современных вертикальных движений [Овсяченко, 2006] (рис. 10). Установленная численная корреляция (таблица) свидетельствует о высокой степени взаимосвязи между рельефом и сейсмичностью.

Кроме того, нами было выполнено компьютерное геодинамическое моделирование с помощью программы «RMS 2013» компании «ROXAR» по методике, аналогичной описанной в работе [Агибалов и др., 2019]. Исходными материалами являлись ЦМР, схема активных разломов, составленная Е.А. Рогожиным и его коллегами [2014] (см. рис. 9), осредненные характеристики геологической среды. По высотам рельефа была построена grid-поверхность, на которую нанесена сетка активных разломов. После этого указывался тип внешней нагрузки и проводился расчет ряда параметров (относительных амплитуд горизонтальных и вертикальных перемещений по разломам, вероятности формирования новых разрывов малой протяженности и др.), физико-математической основой которого является использование закона Кулона-Мора. В качестве внешней нагрузки было указано горизонтальное сжатие, ось которого ориентирована по азимуту 20°. Выбор этого типа напряженного состояния обусловлен тем, что при нем достигаются максимальные значения коэффициентов корреляции Пирсона между рассчитанными с помощью моделирования параметрами и реальными характеристиками геолого-географической среды. Кроме того, он не противоречит общим представлениям о северо-восточном сжатии горного сооружения Кавказа [Маринин, Сим, 2015]. При моделировании принимался ряд допущений: предполагалось, что среда является упругой, перемещения по разломам, которые не должны пересекаться, происходят до полной релаксации напряжений, все разломы вертикальны,

величины напряжений достаточны для формирования новых разрывов малой протяженности. Более подробно они описаны в [Руководство..., 2020].

Основным результатом моделирования является схема областей, в пределах которых возможно формирование новых разрывов малой протяженности (параметр «Fracture regions») (рис. 11). При присвоении таким областям единичных значений, а всем остальным участкам – нулевых, достигается численная корреляция между параметром «Fracture regions» и плотностью эпицентров землетрясений (коэффициент корреляции Пирсона 0,44), скоростями современных вертикальных движений (0,65), высотами рельефа (0,48), крутизной склонов (0,49), плотностью линеаментов (0,52).

Таким образом, проведенные исследования позволили показать на количественном уровне высокую степень взаимосвязи между рельефом и сейсмичностью Северо-Западного Кавказа, получить новые данные, дополняющие и уточняющие существующие представления о новейшей геодинамике этого региона.

	Плотность эпицентров землетрясений, м ⁻¹	Скорость вертикальных движений, мм/год	Плотность активных разломов, м ⁻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, м ⁻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.

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).

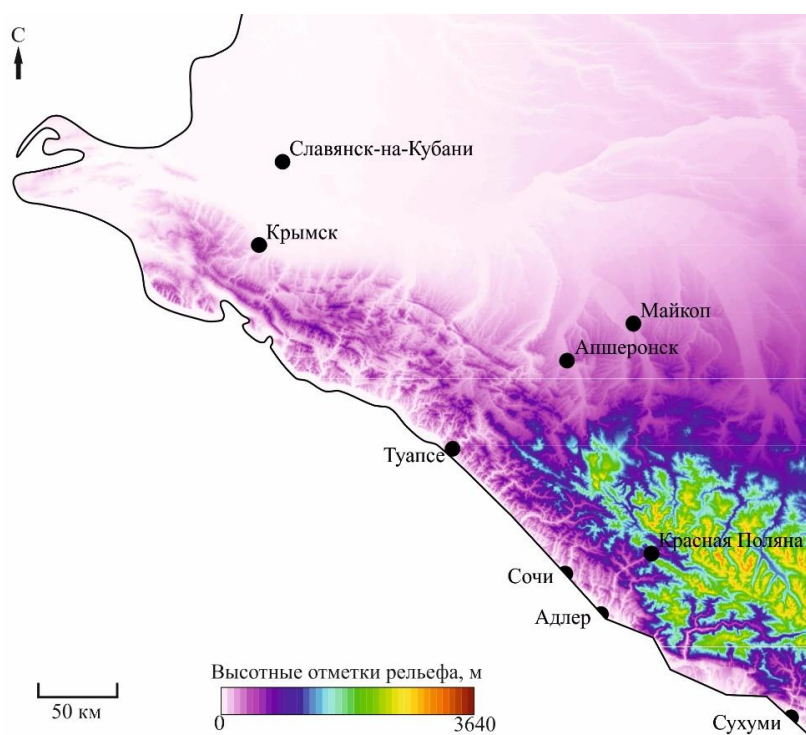


Рис. 1. Карта рельефа Северо-Западного Кавказа, составленная на основе ЦМР [Цифровая..., 2020].

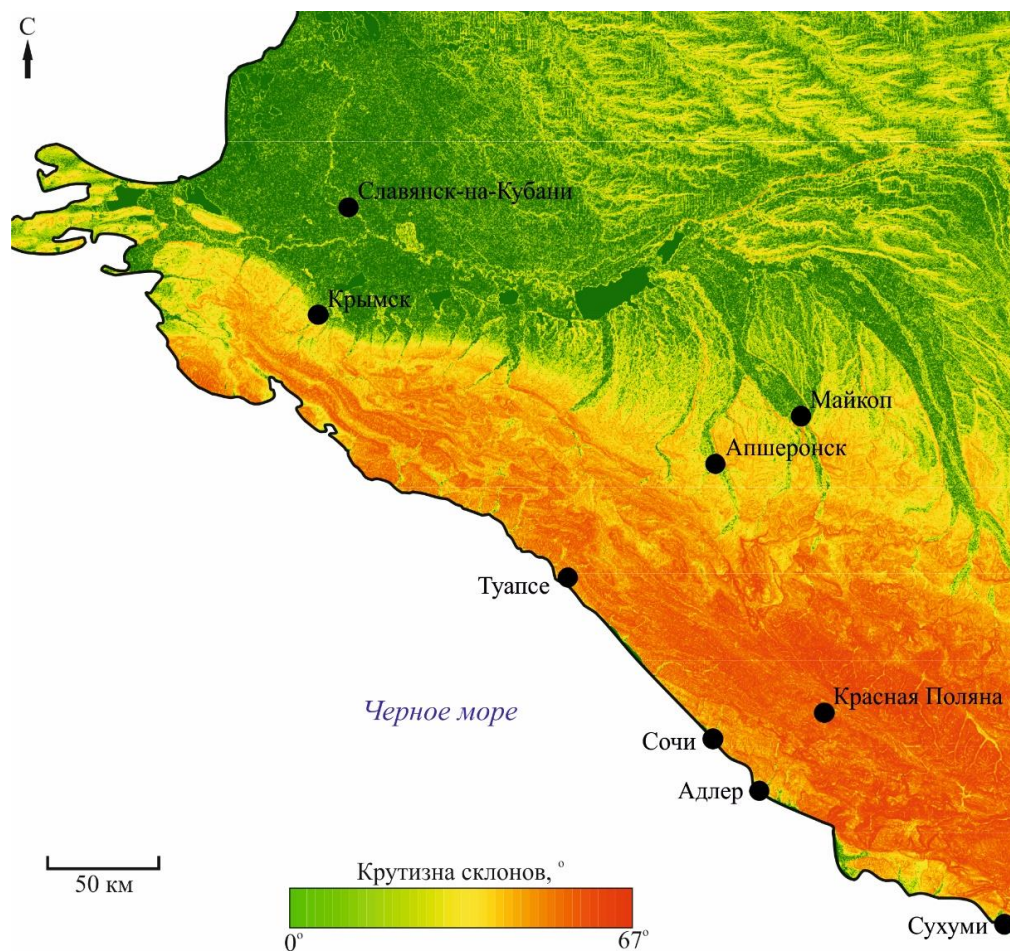


Рис. 2. Схема крутизны склонов Северо-Западного Кавказа.

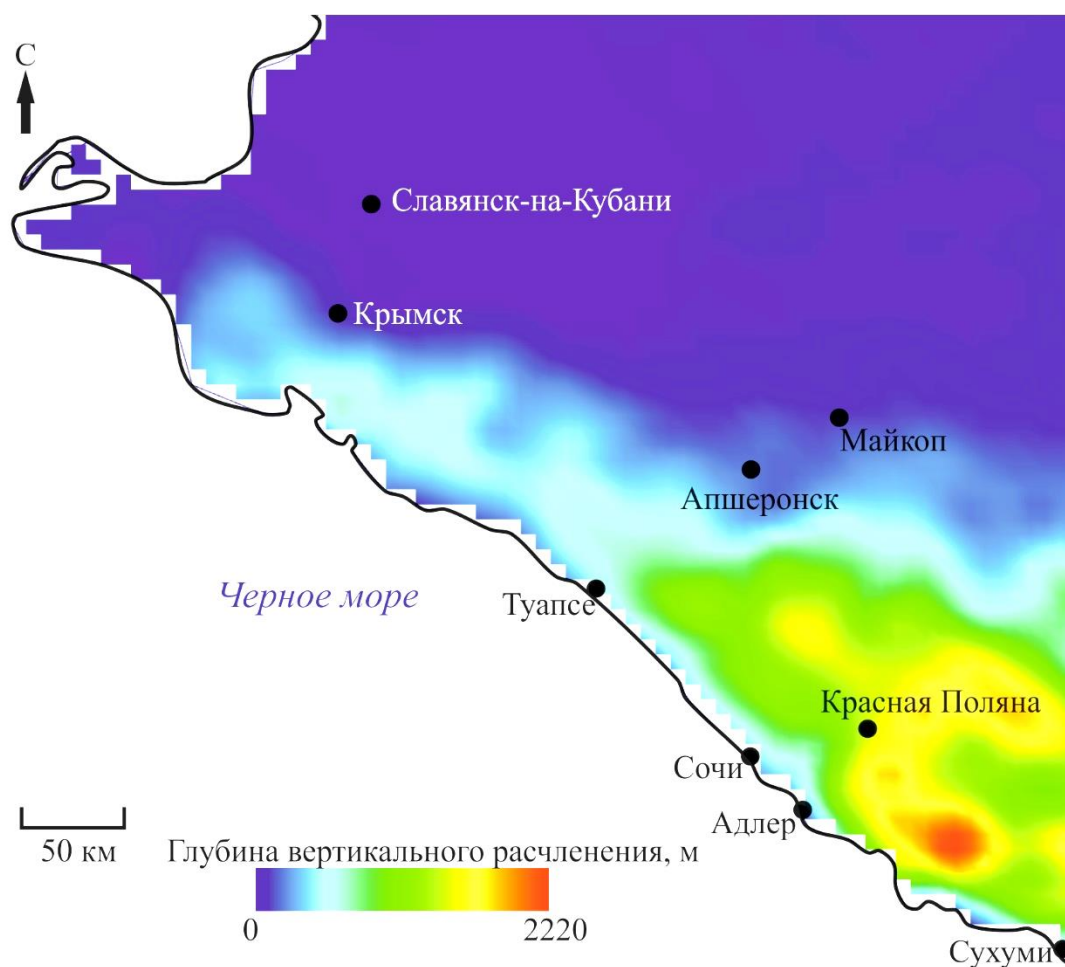


Рис. 3. Схема вертикальной расчлененности рельефа Северо-Западного Кавказа.

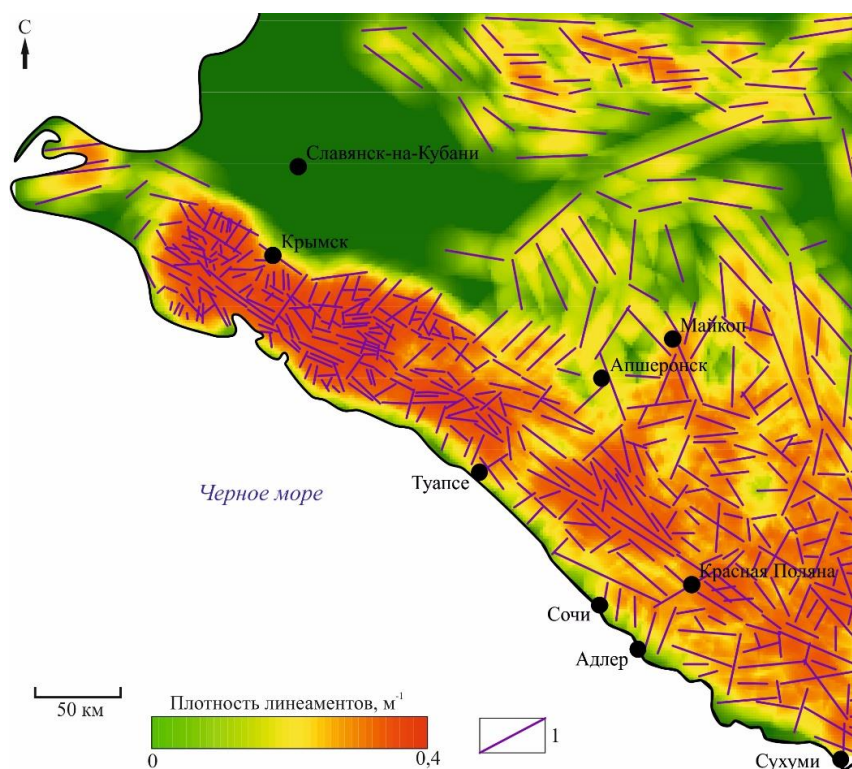


Рис. 4. Схема плотности линеаментов Северо-Западного Кавказа: 1 – линеаменты.

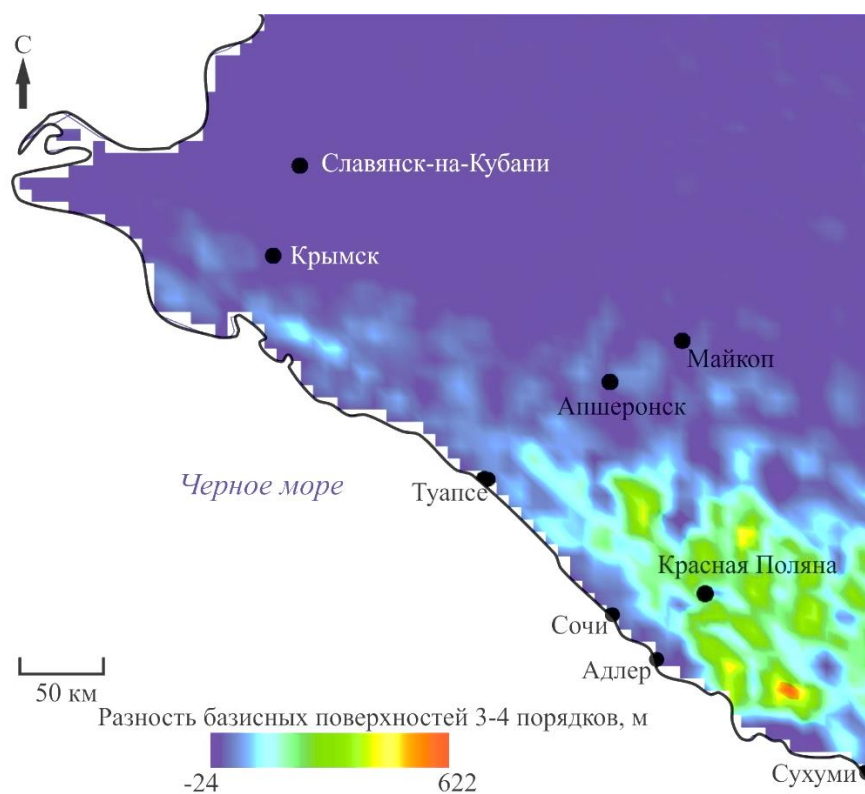


Рис. 5. Схема разностей базисных поверхностей 3-4 порядков Северо-Западного Кавказа.

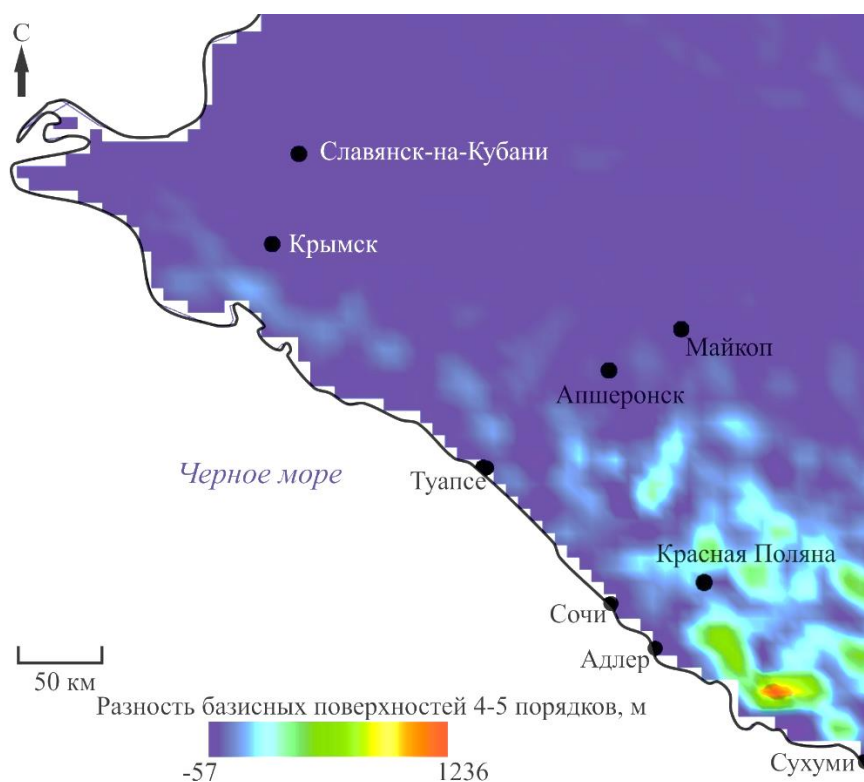


Рис. 6. Схема разностей базисных поверхностей 4-5 порядков Северо-Западного Кавказа.

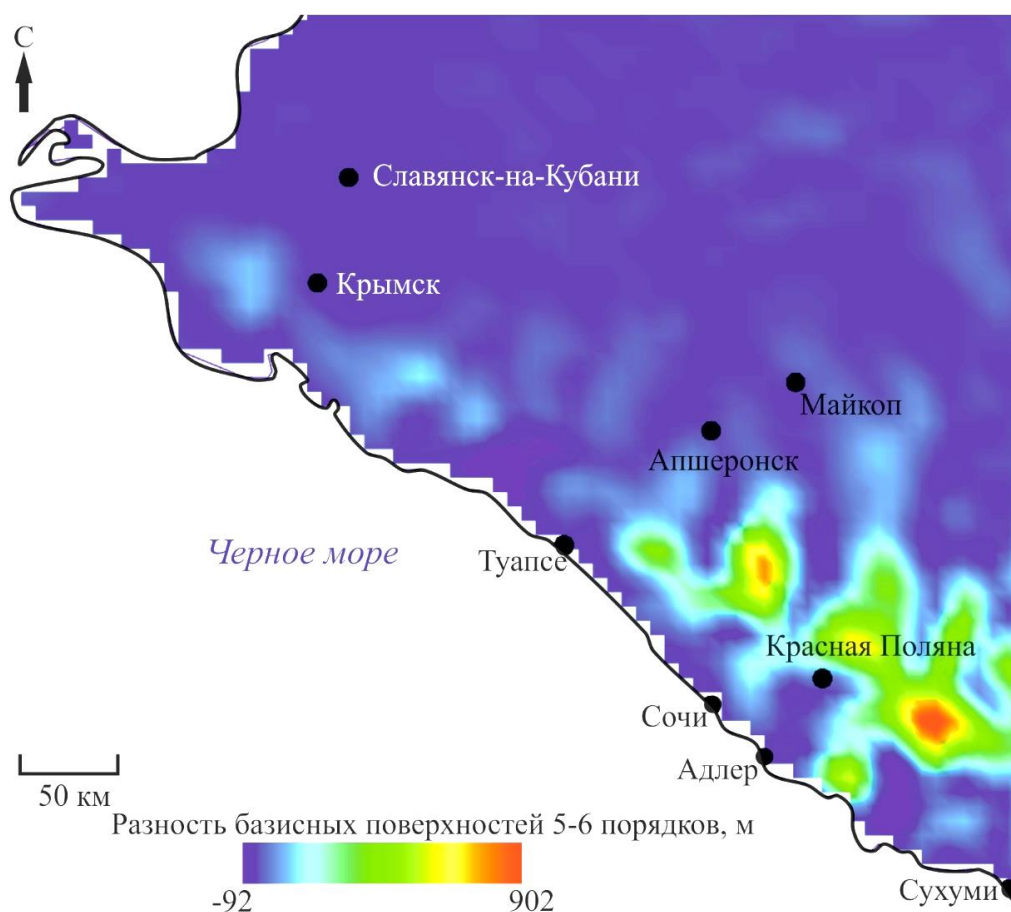


Рис. 7. Схема разностей базисных поверхностей 5-6 порядков Северо-Западного Кавказа.

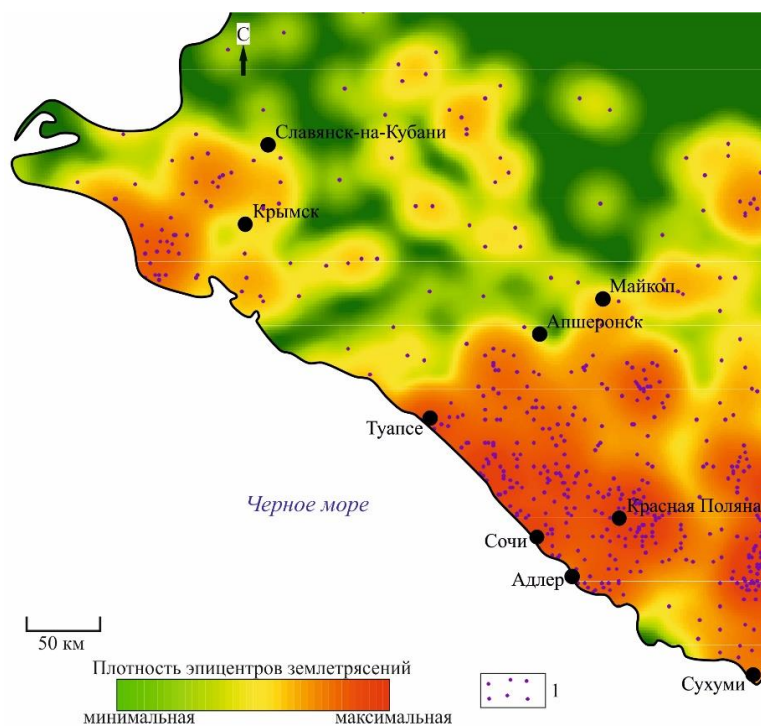


Рис. 8. Схема плотности эпицентров землетрясений Северо-Западного Кавказа: 1 – эпицентры землетрясений, по [Рогожин и др., 2014].

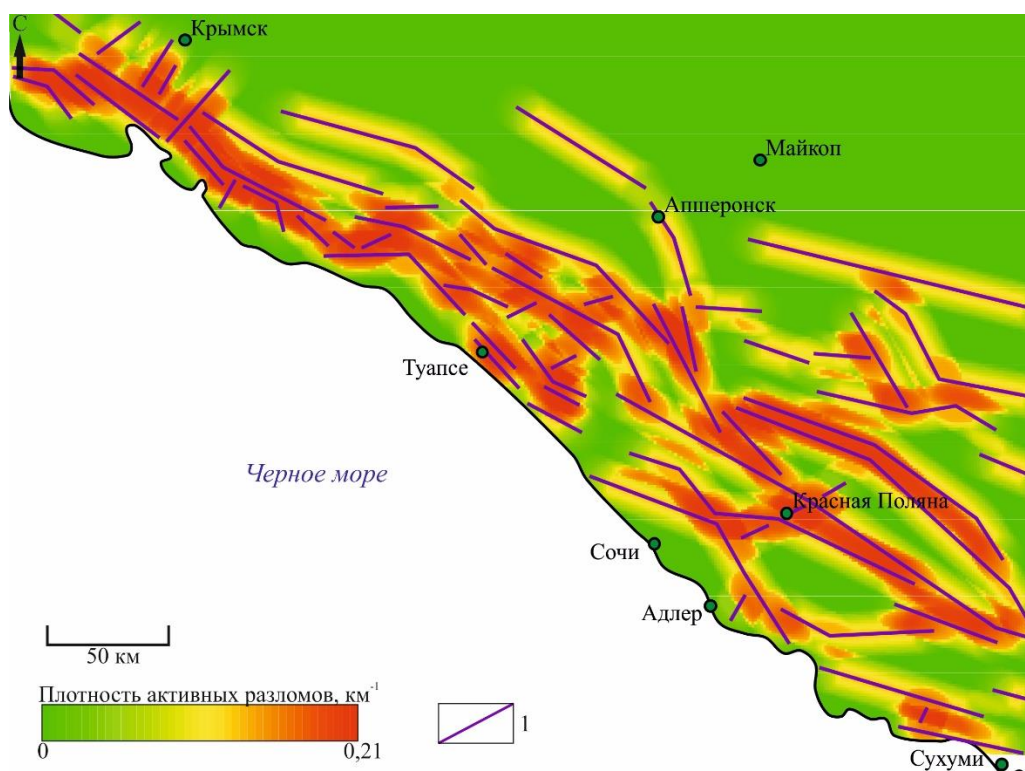


Рис. 9. Схема плотности активных разломов Северо-Западного Кавказа: 1 – активные разломы, по [Рогожин и др., 2014].

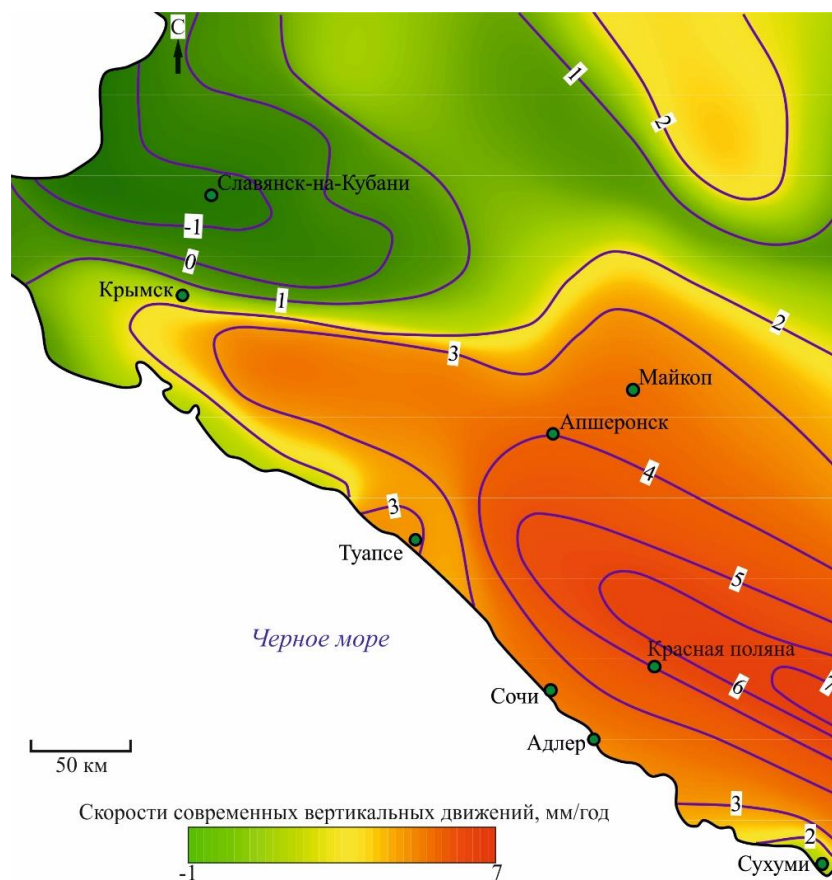


Рис. 10. Схема скоростей современных вертикальных движений Северо-Западного Кавказа, по [Овсяченко, 2006].

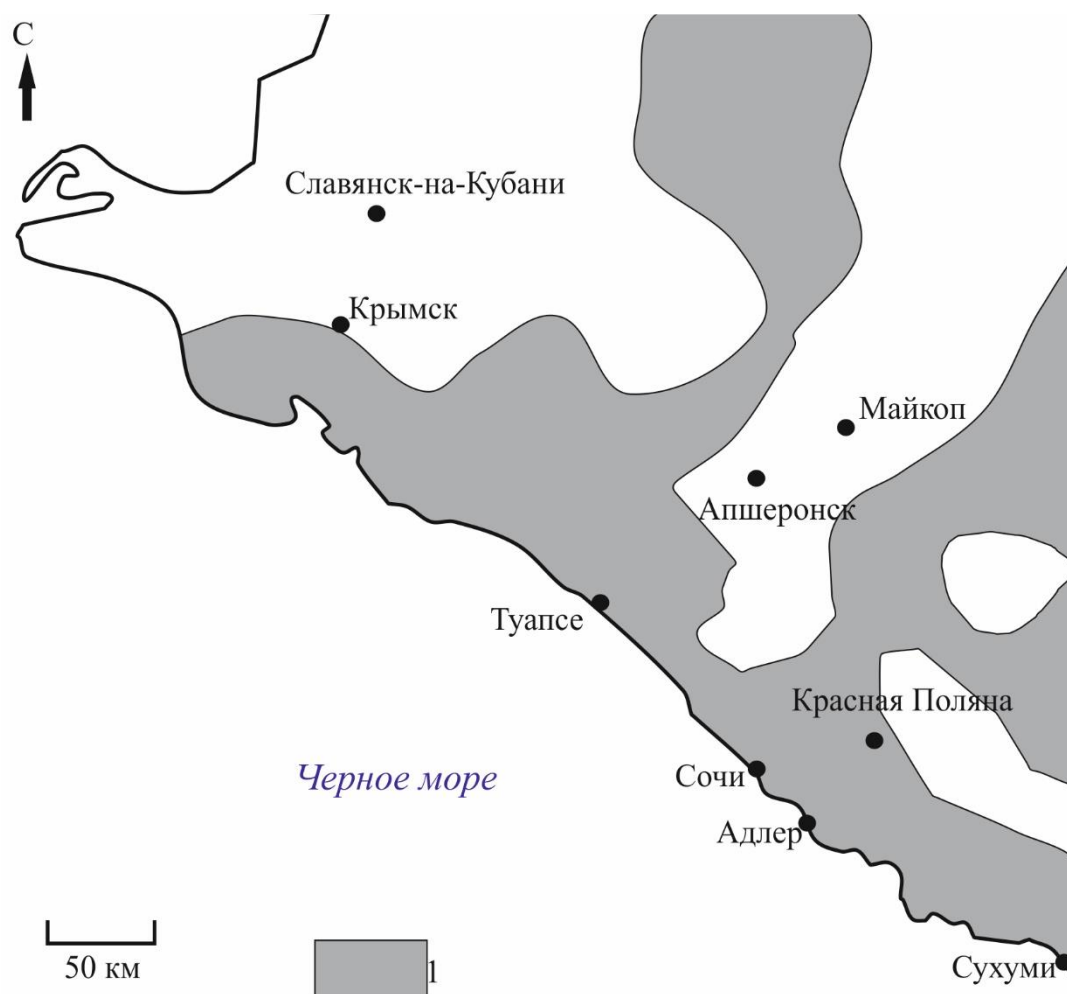


Рис. 11. Схема участков возможного формирования новых разрывов малой протяженности, составленная с помощью компьютерного моделирования: 1 – области формирования новых разрывов малой протяженности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агibalов А.О., Сенцов А.А., Зайцев В.А. Отражение гранито-гнейсовых куполов Приладожья в современном рельефе // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2018. № 5. С. 72-80.

Маринин А.В., Сим Л.А. Новейшее напряженное состояние и деформации на западном погружении Большого Кавказа // Геотектоника. 2015. Т. 49. № 5. С. 411-424.

Нгуманов И.И., Нгуманова Е.Г., Чернова И.Ю. Основы морфометрического поиска неотектонических структур. Казань: Казанский университет, 2016. 53 с.

Нетребин П.Б. Морфометрический анализ рельефа Большого Кавказа. Дис. ... канд. геогр. наук. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2012. 227 с.

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.

Панина Л.В. Новейшие структуры и рельеф Земли. М.: «Перо», 2019. 115 с.

Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И. и др. Эндогенные опасности Большого Кавказа. М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.

Руководство пользователя «Analysis Package Reservoir Modelling System (RMS)» [Электронный ресурс]. URL: www.geodisaster.ru/index.php?page=uchebnye-posobiya-2 (дата обращения: 10.10.2020).

Симонов Ю.Г. Объяснительная морфометрия рельефа. М.: ГЕОС, 1999. 251 с.

Спиридонов А.И. Геоморфологическое картографирование. М., Недра, 1975. 184 с.

Философов В.П. Методика вычисления и геолого-геоморфологическая интерпретация коэффициента расчлененности рельефа // Вопросы морфометрии. 1967. Т. 1. Вып. 2. С. 112–146.

Цифровая модель рельефа. URL. <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>. Дата обращения 2.09.2020.

УДК 551.583;551.242

КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНОМ ЦИКЛЕ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РЕЧНЫХ ДОЛИН

Макарова Н.В., Суханова Т.В.

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

Процессы развития новейших структурных форм и их выражение в рельефе имеют циклический и стадийный характер, установленный еще В. Дэвисом и В. Пенком в конце XIX начале XX веков. Это касается и орогенных и платформенных областей. Выражением этих процессов являются поверхности выравнивания разного типа и возраста (пенепплены, педипплены и педименты), образующие разновысотные и разновозрастные ярусы и этажи рельефа на склонах хребтов и платформенных возвышенностей. Их образование вызвано неравномерным проявлением тектонических движений и одновременно сопровождается изменением климатических условий, отраженных в строении коррелятивных отложений и кор выветривания. Таким образом, проявление тектонических движений при одновременном изменении климата на протяжении новейшего этапа отражено в строении рельефа поднятий и коррелятивных отложений во впадинах.

Цикличность и стадийность развития речных долин. Особенно ярко цикличность и стадийность развития рельефа и отложений проявлены при формировании речных долин. Четвертичный период отличается от предшествующих отрезков новейшего этапа меньшей длительностью и формированием речной сети в ее современном виде. Детальное изучение террас и слагающего их аллювия в речных долинах в областях с разными структурными и климатическими условиями, на платформенных равнинах и в горах показало их принципиальное сходство. Количество цикловых, или развитых вдоль всей долины террас одинаково — 5–6 во внеледниковых областях (в том числе, соответствующих им аллювиальных свит в погребенном состоянии). Локальных же террас врезания (или врезывания по С.С. Шульцу [1940]), развитых лишь на отдельных участках долин, преимущественно в горах, может быть достаточно большим - от 10–15 на Кавказе [Кожевников, 1985] до 20–30 на некоторых реках Восточной Сибири [Лютцау, 1969]. Их образование вызвано местными причинами: локальным поднятием участков долин, спуском временно существующих подпрудных водоемов, врезанием устьевых частей притоков, впадающих в более интенсивно врезающуюся главную реку, формированием стадияльных морен и связанного с ними аллювия.

В прогибающихся впадинах, а также в областях покровного оледенения количество цикловых террас сокращено в результате их погребения или перекрытия моренами. Но и в том и другом случае количество погребенных аллювиальных свит соответствует количеству цикловых террас, развитых на поверхности за пределами ледниковых покровов или прогибающихся участков. На Восточно-Европейской платформе, в Западной и Восточной Сибири высоты одновозрастных террас и пойм различных рек близки между собой (табл.). Наибольшие относительные превышения самых высоких ранненеоплейстоценовых или плиоценовых террас над руслами рек редко превышают 60-100 м. В горах же высоты террас составляют десятки и сотни метров.

Цикличность и стадийность формирования речных долин были показаны Ю.А. Билибиным [1938] на примере Северо-Востока России. В эрозионном цикле им были выделены четыре фазы: глубинной эрозии или углубления долины, фаза боковой эрозии или расширения долины, фаза накопления наносов или заполнения долины и фаза покоя или переноса материала. В дальнейшем фазы Ю.А. Билибина развивались и дополнялись многими исследователями — А.Б. Бассаликасом, И.П. Карташовым, Ю.А., Гольдфарбом, В.И. Макаровым и др., Н.В. Макаровой и др. при изучении речных долин Прибалтики, Северо-Востока России, Средней Азии и Русской равнины. Три из них были названы в соответствии с фазами аллювия, выделенными В.В. Ламакиным в долинах северных рек [1948], и получили следующие названия: врезания — инстративная (выстилающая), аккумуляции — констративная (настилающая) и динамического равновесия — перстративная (перестилающая). Однако необходимо заметить, что фазы В.В. Ламакина представляли изменения современного аллювия по латерали или по современному продольному профилю русла в зависимости от локальных тектонических движений, а Ю.А. Билибин и последующие исследователи рассматривали смену фаз не только по латерали, но, самое главное, снизу вверх в разрезах аллювия всех цикловых террас, независимо от их возраста. И.П. Карташов фазу расширения долины назвал субстративной (подстилающая, фактически это базальный горизонт), слово «фаза» заменил на стадию, из которых состоит эрозионный цикл, а нами фазами стал называться аллювий, образующийся в эти стадии.

Сравнительное изучение аллювия в полевых условиях с использованием бурения и геофизики, а также литературные данные показали, что все четыре фазы аллювия, соответствующие стадиям эрозионно-аккумулятивного цикла, выделяются в долинах горных рек, где террасы хорошо морфологически выражены, а слагающий их аллювий во многих местах обнажен, вскрываясь в продольных и поперечных их сечениях [Макарова, 2002; Макарова и др., 2011].

Реки	Номера террас (I-V) и их возрастные индексы					
	Пойма (Q _{IV})	I (Q _{III} ³⁻⁴)	II (Q _{III} ¹⁻²)	III (Q _{II} ³⁻⁴)	IV (Q _{II} ¹⁻²)	V (Q _I)
Алдан		12	18–20	30	50	60–80
Ангара ср.	4–5	10–12	15–17	20–30	40–45	
Ангара вер	2–3	9–12	15–17	20–25	30–55	
Вилюй		14–18	20–26	30–35	45–65	
Витим	3–4	8–10	18–22		45–50	70–80
Волга	5–8	10–17	20–25	30–40	60–80	
Воркута	3–5	8–10	18	20–30	45–50	
Вятка	5–8	10–12	15–22	25–38		
Днепр	3–5	6–17	12–20	35–40	40–50	70–80
Днестр	5–7	8–15	14–18	20–35	30–40	40–60
Дон	5–7	8–12	15–20	35–40	40–55	70
Дунай	3–5	9–11	13–14	25–30	35–40	45–50
Енисей	4–6	15–18	22–35	35–45	50–60	
Лена	5	15	20	35–40	70	
Москва	3–4	8–10	12–18	25–30		
Неман		9–11	13–15	16–18	20–22	
Обь	3–5	7–14	15–16	30–35		
Ока	5–6	9–17	14–25	27–45		
Олекма	2–4	8–10	20–25	35–40		
Печора	3–7	7–10	12–15	22–26		
Сев. Двина	4–5	7–8	14–18	23–30		
Сухона	6	8–10	12–15	17–24		

Таблица. Характерные высоты (м) террас над современным меженным уровнем в долинах некоторых рек по данным С.А. Архипова [1971], Л.Н. Вознячука и М.А. Вальчика [1978], Н.М. Грищенко [1976], А.В. Кожевникова [1979], А.К. Марковой и К.Д. Михайлеску [1994], Э.И. Равского [1972], Л.Л. Розанова [1977], Г.В. Холмового и Б.В. Глушкова [2001] и др.

Примером являются речные долины Средней Азии, где в связи с поисками россыпного золота аллювий наиболее изучен. Здесь отчетливо видно, что каждой стадии формирования террасы соответствует определенная часть аллювиальной свиты (фаза), последовательно сменяющая друг друга вверх по разрезу и заполняющая соответствующую часть вреза (рис. 1). Так наиболее грубообломочный инстративный аллювий различной мощности, иногда до

нескольких десятков метров, выделяющийся своим желтовато-бурым цветом, заполняет самую глубокую и узкую часть вреза — тальвег. Следующая субстративная фаза также грубого по составу аллювия (базальный горизонт) серовато-бурого цвета, мощностью всего первые метры в аллювии горных и равнинных рек приурочена к широкой относительно плоской части вреза — дну долины. Менее грубые констративный аллювий, имеющий буровато-серый цвет, линзовидно-слоистое строение и наиболее мощный в свите, заполняет этот широкий врез, иногда незначительно его расширяя на отдельных участках. Перстративный аллювий, обычно выделяющийся серым цветом, хорошо промытый, мощностью 1–2, реже до 4–6 м, завершает разрез. В низких террасах на нем сохраняются пойменные осадки. Все фазы закономерно выделяются в полных (не размытых) разрезах аллювиальных свит от раннелепестового до голоценового, последовательно сменяя друг друга вверх по разрезу (рис. 2) [Макаров и др., 1979; Макарова и др., 2011].

В равнинных областях, где террасы плохо выражены из-за развития покровных образований, и хорошие разрезы аллювия сравнительно редки и во многих случаях изучаются только по данным бурения, отчетливо выделяются две фазы — субстративная или базальный горизонт и констративная или аккумулятивная, включающая и перигляциальный аллювий, развитый в долинах рек, прилежащих к ледниковым областям. Что касается инстративного аллювия, выполняющего тальвеговые части русла, то у равнинных рек, судя по разрезам, он маломощен — первые метры, т.к. тальвеги преимущественно не глубокие. Довольно часто заполняющий их аллювий интерпретируется как более древний [Горецкий 1964, 1966], т.к. отличается от перекрывающего аллювия своим цветом. Перстративный аллювий не отделяют от констративного, в том числе, от перигляциального аллювия [Макарова и др. 2011].

Влияние климата на образование аллювия. Труды многих исследователей было доказано влияние климатических условий и их изменений на строение аллювия в процессе его накопления. Так нижние части аллювиальных свит по содержанию в них теплолюбивых форм фауны и флоры накапливаются в теплые межледниковья, а верхние, содержащие холодолюбивые формы, — в холодные, соответствующие ледниковым эпохам. При этом в каждой климатической зоне аллювий имеет свои особенности, зависящие от климата зоны. Таким образом, формирование аллювия происходит в течение полного климатического цикла, охватывающего две эпохи — межледниковье и оледенение.

Более детальная характеристика климатических условий времени накопления каждой разновозрастной аллювиальной свиты стала возможной после того, как на основании большого палинологического материала Дж. Иверсен [Iversen, 1958], М.П. Гричук и В.П.

Гричук [1960, 1978] выделили в теплых и холодных частях аллювиальных свит горизонты, отличающиеся условиями различной влажности. На основании этого климатический цикл (климатохрон) был разделен на четыре стадии: термксеротическую (тепло–сухо), термогигротическую (тепло–влажно), криогигротическую (холодно–влажно) и криоксеротическую (холодно–сухо). При этом основное время аккумуляции аллювия охватывает влажные стадии: теплую (термогигротическую) и холодную (криогигротическую). В меньшей степени представлен аллювий сухих стадий, охватывающих конец оледенения одного цикла (криоксеротическую стадию) и начало межледниковья следующего цикла (термксеротическую стадию). Именно в это время начинается новый врез, превращающий пойму завершенного эрозионно-аккумулятивного цикла в цикловую террасу [Гричук, Постоленко, 1982].

Детальное изучение всех фаз аллювия показало, что климатические условия их формирования отражены не только в палинологической характеристике, но и в текстурных и структурных особенностях отложений. При этом каждая фаза имеет определенные присущие ей признаки или особенности: цвет отложений (о чем сказано выше), механический и минералогический состав (в частности, состав глинистых минералов в заполнителе, количество и соотношение устойчивых и неустойчивых к выветриванию минералов), степень выветрелости или разрушенности обломочного материала, характер слоистости, мощность и форму заполняемую ею врез.

Кроме того сопоставление палинологической характеристики каждой фазы аллювия с климатическими стадиями, на которые был расчленен климатический цикл, показал их соответствие (рис. 3). В результате было доказано, что инстративный аллювий формируется в теплых и сухих условиях (термксеротических), субстративный – в теплых и влажных (термогигротических), констративный – в переходных от теплых влажных к холодным влажным (термо- и криогигротических) и перстративный - в холодных сухих (криоксеротических) условиях [Макарова и др., 2011]. Иными словами, эрозионно-аккумулятивные циклы, в процессе формирования которых формируются террасы и слагающий их аллювий, имеют в основе циклические изменения климата.

Изменения климатических условий меньших рангов происходят в течение накопления каждой фазы в разновозрастных аллювиальных свитах. Они проявляются изменением механического, минералогического состава и других особенностей аллювия и доказываются неоднократной, трех- или четырехразовой сменой спектров заключенных растительных остатков. Особенно отчетливо они проявлены в голоценовом аллювии современных речных пойм. Практически повсеместно, в разных по климату районах в равнинных и горных

областях в пойменных осадках отмечается смена растительности, соответствующая схеме расчленения голоцена [Хотинский, 1977, 1989], т.е. выделяются горизонты аллювия, содержащие холодные и теплые спектры растительности – от бореального до субатлантического, с переходом через атлантический оптимум. Однако и внутри этих горизонтов выделяются слои, отражающие еще меньшие ранги или периоды потеплений и похолоданий [Климанов, 1989]. С небольшими колебаниями возрастных границ всех горизонтов в ту или другую сторону и зональной спецификой, эти изменения являются практически одинаковыми и синхронными в голоценовом аллювии разных климатических зон [Хотинский, 1989].

Влияние тектонических движений на ход эрозионно-аккумулятивного цикла. Они действуют в региональном и локальном планах. *Региональные* движения проявляются импульсами, охватывают обширные территории, определяя амплитуды поднятий и опусканий на больших пространствах. От них зависит энергия потоков, грубость аллювия, его мощность (хотя эти показатели могут зависеть и от климатических условий), высота террас, а также глубина разновозрастных врезов, образующихся в начале каждого эрозионно-аккумулятивного цикла, различная у равнинных и горных рек. *Локальные* движения изменяют эти особенности строения аллювия и речных долин лишь на отдельных участках, усложняя общий ход эрозионно-аккумулятивного цикла, ведут к деформации террас и аллювия, изменению морфологии долин. Так отдельные участки долин испытывают направленное поднятие, сопровождающееся постоянным врезанием русла с образованием ущелий, или испытывают опускание с повышенной аккумуляцией аллювия. Отдельные фазы аллювия в некоторых долинах дислоцированы. Особенно это касается инстративного или тальвегового аллювия, местами смятого в складки [Макарова, 2010; Макарова и др., 2011], формирующегося в начальную наиболее активную стадию положительных тектонических движений.

На Восточно-Европейской платформе наиболее интенсивными были поднятия в плиоцене и раннем неоплейстоцене, отраженные глубокими врезами русел, заполненными, помимо аллювия, ледниковыми или другого генезиса осадками, находящимися в настоящее время ниже современных урезов рек. Так раннеплейстоценовый аллювий (венедская свита по Г.И. Горецкому, [1964]) во многих крупных и менее значительных долинах находится на глубине 20–30 м и более. В горах аллювий этого возраста обычно поднят над руслами рек на десятки и сотни метров. Последующие врезы на равнинах были менее глубокими, судя по тому, что продольные профили дна более молодых врезов находятся выше предшествующих [Горцкий, 1964, 1966]. В то же время скорости врезания рек и

соответственно скорости поднятий увеличиваются к голоцену на целый порядок, что соответствует активизации тектонических движений к позднему плейстоцену и голоцену. Но это объясняется еще и тем, что направленно сокращается продолжительность теплых и холодных эпох четвертичного периода, а вместе с ними и эрозионно-аккумулятивных циклов.

В последующие после врезания стадии — расширения долины, аккумуляции и динамического равновесия — региональные тектонические движения ослаблены или не проявляются вовсе. По крайней мере, меандрирование или разветвление русел рек с соответствующим аллювием, характерные для указанных стадий, не типичны для поднимающихся территорий и врезающихся рек. Но уже в конце последней перстративной наиболее холодной, вплоть до оледенения, стадии цикла начинает проявляться новый импульс региональных поднятий. Сначала движения не значительные, вызывающие постепенное сужение долин, превращение меандрирующего русла этой стадии в однорукавное прямолинейное, появление на отдельных участках долин небольших террас врезания перед новым основным цикловым врезом. Это время окончания холодной эпохи (оледенения) с сухим климатом, переходным к теплomu и сначала сухому периоду межледниковой эпохи. Таким образом, главный импульс или этап 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. Общая связь тектонических процессов с климатическими изменениями принималась рядом исследователей и ранее (А.А. Асеев, С.А. Сладкопевцев, С.А. Несмеянов и др.), но конкретная их связь с климатическими стадиями эрозионно-аккумулятивных циклов и фаз аллювия в речных долинах установлена нами впервые.

Таким образом, начало каждого эрозионно-аккумулятивного цикла связано с началом активизации региональных тектонических движений. Это явилось основой выделения четвертичных фаз тектонической активности, проявляющихся периодически импульсами повсеместно в орогенных и платформенных областях, но с разной интенсивностью. Некоторые фазы были выделены ранее (Е.Е. Милановский, С.А. Несмеянов, А.А. Никонов, В.Г. Трифонов и др.), однако активность проявления движений в каждую из них оценивалась неоднозначно. Но все они основываются, преимущественно, на строении речных долин, террас и аллювия.

Поскольку количество цикловых террас, стадийность их формирования и однотипность слагающего их аллювия практически одинаковы во многих областях как горных, так и

равнинных, следовательно, причины всех этих явлений должны быть близкими. Синхронность проявления тектонических движений и климатических изменений объясняется общепланетарными и космическими причинами. Следовательно, и развитие эрозионно-аккумулятивных циклов происходит также в связи с этими явлениями, несмотря на некоторые различия в разных областях и разновозрастных циклах.

Закономерная климатическая обусловленность накопления аллювиальных свит в террасах, отчетливая смена теплых условий в низах свит холодными в верхах, а также общая циклическая повторяемость всех этих явлений при развитии речных долин горных и равнинных областей на протяжении всего четвертичного периода позволяет использовать аллювий для прогнозирования климата в будущем. Основываясь на процессах, которые сейчас происходят в речных долинах, можно считать, что не потепление, а похолодание предстоит в будущем. Голоценовый эрозионно-аккумулятивный цикл, начавшийся 10–11 тыс. лет назад, еще не закончился. В настоящее время имеет место аккумуляция, накопление констративного аллювия на поймах многих рек, которое всегда сменяется перстративным аллювием, образующимся в холодные сухие, вплоть до ледниковых, условиях.

С начала голоцена идет направленное похолодание. Об этом свидетельствует смена состава растительности на более холодолюбивую в верхних частях пойменных осадков, отмечаемое практически в речных долинах всех климатических зон. Помимо аллювия, похолодание фиксируется и в современном почвенном покрове, и торфяниках, развитых на водоразделах, и других отложениях и формах рельефа. Подтверждается мнение многих исследователей (Н.А. Хотинский, А.А. Величко, В.А. Климанов и др.), что оптимум голоценового межледниковья уже прошел, и в ближайшем будущем начнется криогигротическая (холодная и влажная) стадия новой ледниковой эпохи.

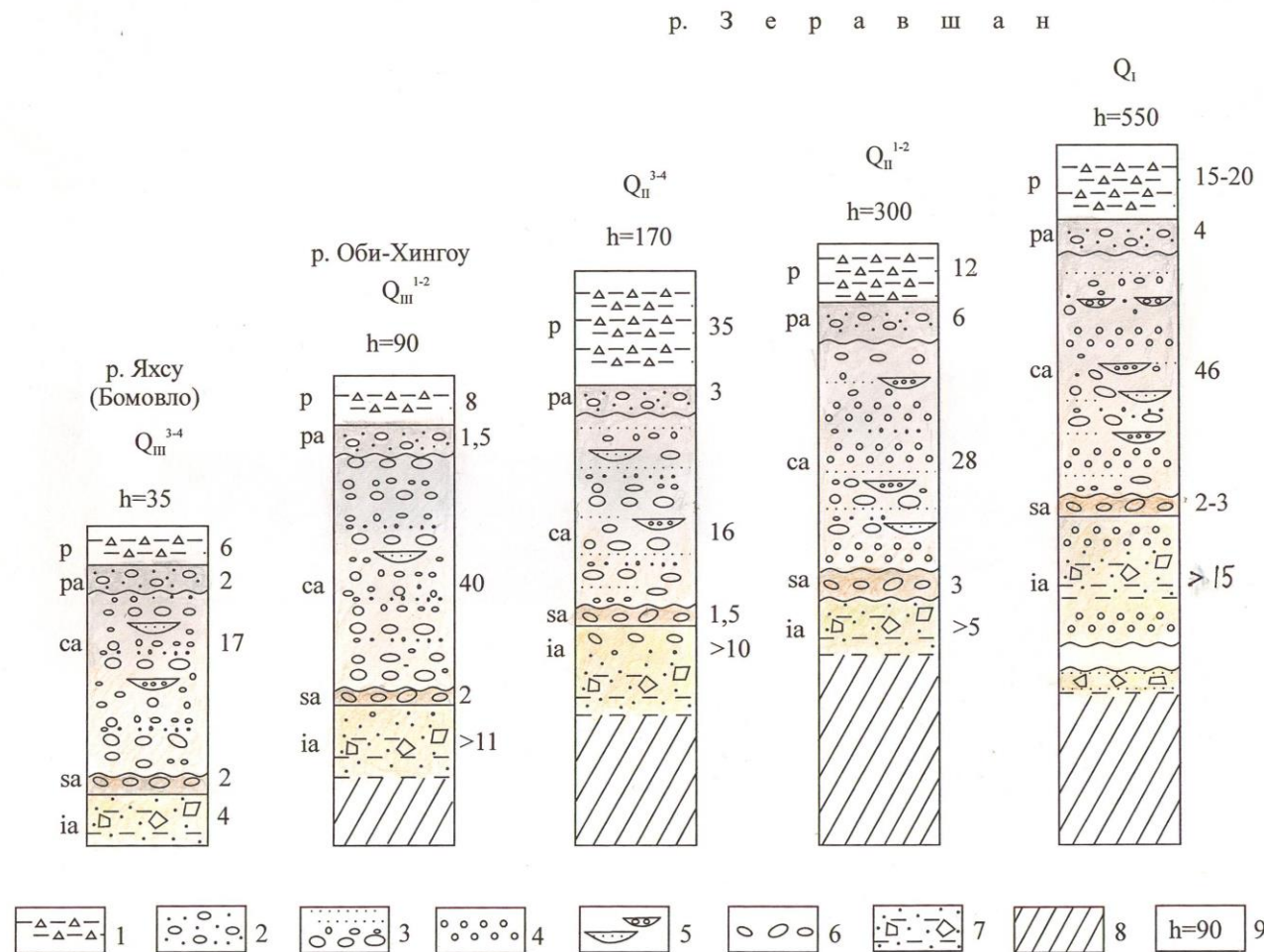


Рис. 1. Схематическое строение аллювиальных цикловых террас долины р. Зеравшан (Южный Тянь-Шань): 1-5 – аллювиальные отложения: 1 – инстративной фазы (ia), 2 – субстративной фазы (sa) (базальный слой), 3 – констративной фазы (ca), 4 – перстративной фазы (pa), 5 – отложения голоценовой поймы (n); 6 – пролювиальные отложения (p); 7 – породы палеозойского цоколя. 1t-4t – номера цикловых террас

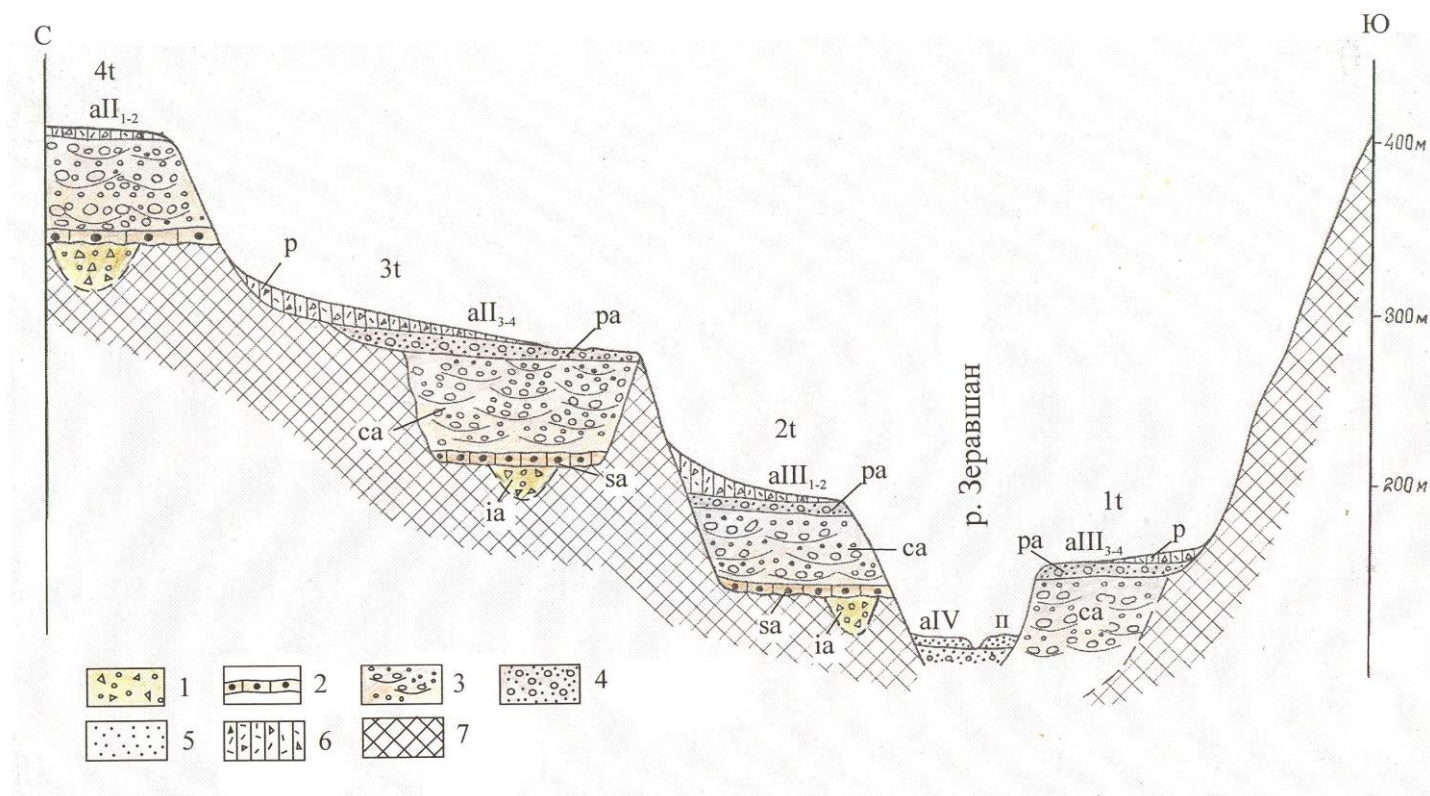


Рис. 2. Типичные разрезы разновозрастных аллювиальных свит с динамическими фазами, составляющих террасы в речных долинах Южного Тянь-Шаня и Северного Памира (Придарвазье) [Макарова и др., 2011]: 1 – щебнисто-суглинистые пролювиальные отложения; 2 – галечники с песчаным заполнителем; 3 – переслаивание галечников с песчано-гравийными отложениями; 4 – конгломераты; 5 – линзы гальки и песка; 6 – галечники с валунами; 7 – щебнисто-валунно-глыбовые отложения с песчано-суглинистым заполнителем; 8 – коренные породы; 9 – высота террас над современным уровнем рек, в метрах. Слева у колонок указаны динамические фазы аллювия (ia – инстративная, sa – субстративная, или базальный слой, ca – констративная, pa – перстративная) и покров пролювия (p), справа – мощности (в метрах)

Климатический ритм	Эпохи		Стадии	Климат	Флювиальный процесс и его морфологический эффект		Динамические фазы аллювий	
	по темпера-туре	по влажно-сти			Новый цикл	Врезание и начало углубления долины	ВРЕЗ Покровные отложения	Инстра-тивная
	Теплая (межледниковая)	Сухая			Термохсеротическая (тепло-сухо)	Макс. тепло		Макс. сухо
Холодная (ледниковая)	Влажная	Влажная	Термогиротическая (тепло-влажно)	Макс. влажно	Эрозионно-аккумулятивный цикл	Седиментация аллювия повышение дна долины уменьшение глубины расчленения рельефа		Перстра-тивная
			Криогиротическая (холодно-влажно)	Макс. холодно				
	Сухая	Сухая	Термохсеротическая (тепло-сухо)	Макс. сухо				Инстра-тивная
			Криохсеротическая (холодно-сухо)	Макс. сухо				

Рис. 3. Схема стадий климатического цикла (по М.П. Гричук, В.П. Гричук, [1960]) и их соотношение с динамическими фазами аллювия [Макарова и др., 2011]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М.: ГОНТИ, 1938. 505 с.

Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. К IX Конгрессу INQUA. Новая Зеландия. 1973. М.: Наука, 1973. 256 с.

Горецкий Г.И. Аллювий Великих антропогенных прарек Русской равнины. М.: Наука, 1964. 415 с.

Горецкий Г.И. Формирование долины р. Волги в раннем и среднем антропогене. М.: Наука, 1966. 412 с.

Гричук М.П., Гричук В.П. О приледниковой растительности на территории СССР // Перигляциальные явления на территории СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. С. 66–100.

Гричук М.П., Гричук В.П. О ритмах накопления аллювия в долинах рек и ритмы изменения климата в плейстоцене и голоцене // Продольный профиль рек и их террасы. М.: Моск. филиал Всес. геогр. об-ва. 1978. С. 18–32.

Гричук М.П., Постолenco Г.А. Врез рек, накопление и фациальный состав аллювия в связи с ритмичными изменениями климата в позднем кайнозое // Изв. Всес. геогр. об-ва. 1982. Т. 114. Вып. 3. С. 215–221.

Климанов В.А. Цикличность и квазипериодичность климатических колебаний в голоцене // Палеоклиматы позднеледникового и голоцена (Отв. Ред. Н.А. Хотинский). М.: Наука, 1989. С. 29–33.

Кожевников А.В. Антропоген гор и предгорий (генетический анализ). М.: Недра, 1985. 185 с.

Ламакин В.В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений // Землеведение. 1948. Т. 2 (42). С. 154–187.

Лютцау С.В. Особенности террасовых рядов в речных долинах Сибири и Дальнего Востока // Изв. АН СССР. Сер. географ. 1969. № 1. С. 93–105.

Макаров В.И., Макарова Н.В., Акинин Б.Е. Основные закономерности строения четвертичного аллювия и стадии формирования террас горных рек Средней Азии // Бюлл. Комис. по изуч. четвертичн. периода. 1979. № 49. С. 90–104.

Макарова Н.В. Строение тальвегового аллювия в долинах горных рек Средней Азии и его золотоносность // Мат.-лы IV Междунар. совещ. по геологии россыпных месторождений и кор выветривания. Новосибирск, 2010. С. 414–417.

Макарова Н.В., Макаров В.И., Постолenco Г.А., Акинин Б.Е. Представительность аллювия для стратиграфии и корреляции четвертичных отложений // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2011. Т. 19. № 4. С. 89–112.

Макарова Н.В., Суханова Т.В., Акинин Б.Е. Фациально-динамический анализ аллювия и его значение для поисков полезных ископаемых // Бюлл. МОИП. Отд. геологический. 2019. Т. 94. № 2. С. 3–18.

Трифонов В.Г., Караханян А.С. Геодинамика и история цивилизаций. М.: Наука, 2004. (Тр. ГИН РАН. 2004. Вып 553. 668 с.

Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 199 с.

Хотинский Н.А. Дискуссионные проблемы реконструкции и корреляции палеоклиматов голоцена // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: Наука, 1989. С.12–17.

Шульц С.С. Опыт генетической классификации речных террас // Изв. Всесоюзн. географ. об-ва. 1940. Т. 72. Вып. 6.

УДК 551.1/.4

ОСОБЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ (ОСФ) ЗЕМНОЙ КОРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ВОСТОЧНО- ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ. СТАТЬЯ ТРЕТЬЯ: ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ

Полетаев А.И.

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Введение. Принимая приглашение Владимира Александровича Зайцева к работе по кафедральной программе: «Новейшая геодинамика и её влияние на фильтрационные свойства геологической среды», мы понимали, что за пять лет даже самых интенсивных исследований вряд ли удастся добиться конкретных результатов. Это — с одной стороны. С другой — было понятно, что за этот срок, наверняка, удастся собрать необходимый объём данных, способных в дальнейшем, в сочетании с нашими собственными исследованиями, составить необходимую базу для достижения именно конкретных результатов, столь необходимых для дальнейшего, более целенаправленного, а значит и более совершенного недропользования.

В первых двух статьях, посвящённых результатам изучения ОСФ Восточно-Европейской платформы — линейных (линеаментов), клиновидных [Полетаев, 2020] и девиантных и ротационных [Полетаев, 2020а] — изложены основные данные о возможном влиянии изученных ОСФ на фильтрационные свойства геологической среды этого крупнейшего блока земной коры.

В настоящей статье приводятся данные об узловых, дуговых и кольцевых структурах и подводятся предварительные итоги изучения влияния особых структурных форм (ОСФ) земной коры Восточно-Европейской платформы на фильтрационные свойства данного блока земной коры.

Основные результаты. Одним из основных результатов проделанной работы может считаться то, что впервые выделены и предварительно изучены несколько основных видов ОСФ, развитых на территории Восточно-Европейской платформы, которые, как будет показано ниже, связаны между собой и пространственно и, с точки зрения автора, генетически (рис. 1). Серия схем линейных структур (линеаментов) ВЕП, составленных в линейке масштабов 1 : 3 000 000 (для ВЕП в целом) и отдельных её участков в масштабах 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 и 1 : 25 000, убедительно показала, что линеаментное поле данного блока земной коры содержит уникальную информацию не только о собственно линеаментах, но и об сочетаниях, т.е. клиновидных (рис. 2–4) и узловых структурах (рис. 5–8).

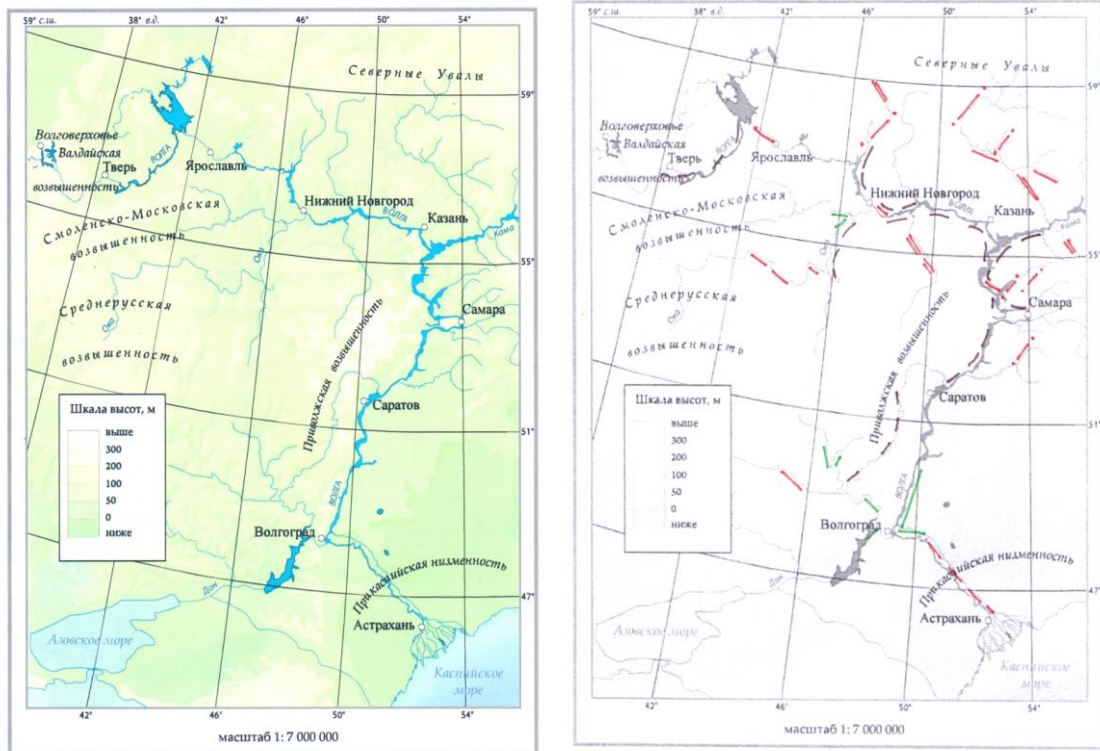


Рис. 1. Слева: фрагмент разреженной схемы эрозионной сети центральной части ВФП [из: Бондарь, 2017г.]; справа – ОСФ: линейные (линеаменты) – красный цвет, клиновидные – зелёный, дуговые и полукольцевые – коричневый

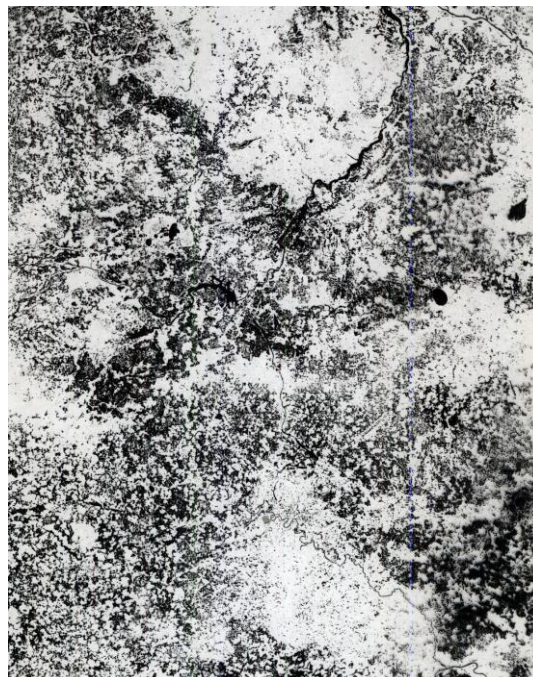


Рис. 2. Верхневолжская (вверху) и Московская (внизу) клиновидные структуры, чётко выделяющиеся более светлым фототонем космического снимка (КС из архива Лаборатории геологических исследований космическими методами)

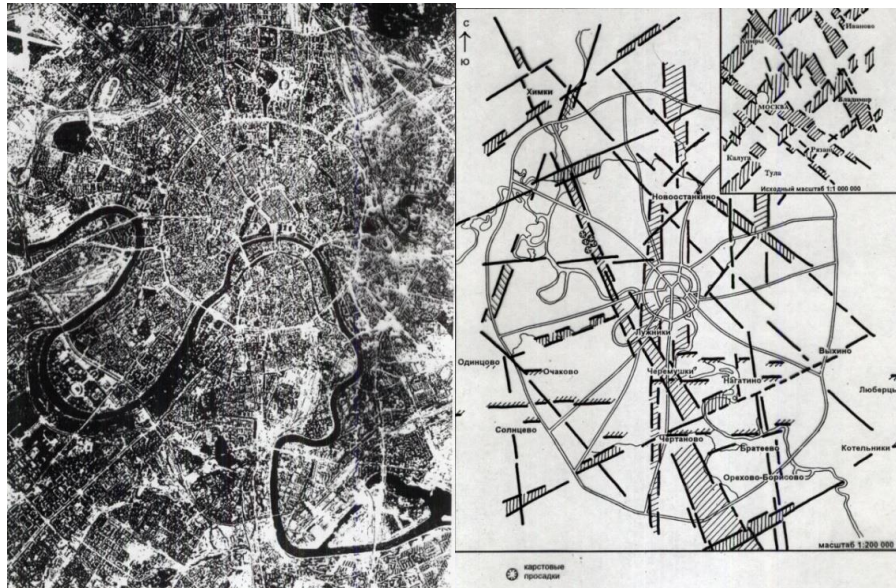


Рис. 3. Слева – космический снимок Москвы (Исходный м-б 1 : 50 000); справа — схема линейных образований г. Москвы: исходный масштаб 1 : 200 000, врезки – 1 : 1 000 000

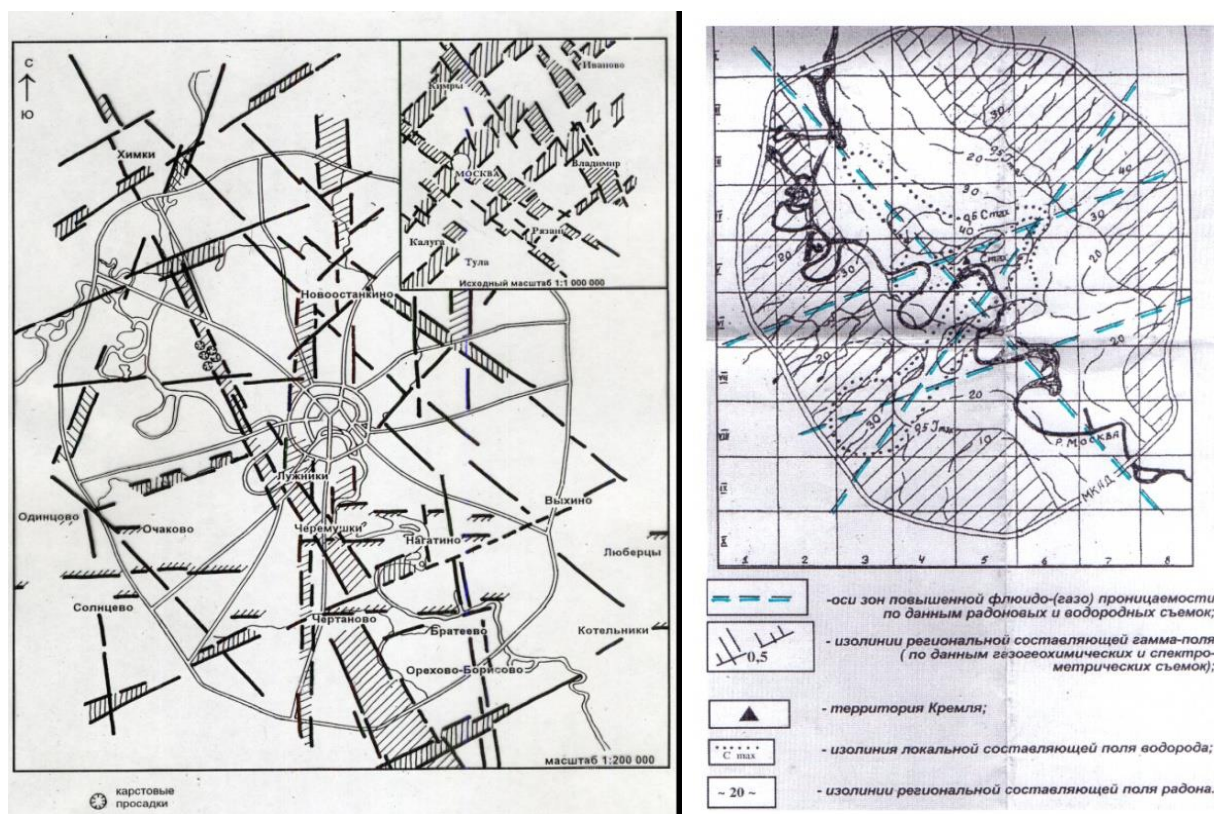


Рис. 4. Слева – схема линеаментов Москвы, м-б 1 : 200 000 (на врезке 1 : 1 000 000), справа – оси повышенной флюидной проницаемости земной коры Москвы по данным радоновых и водородных съёмок [Картографическое..., 2001]

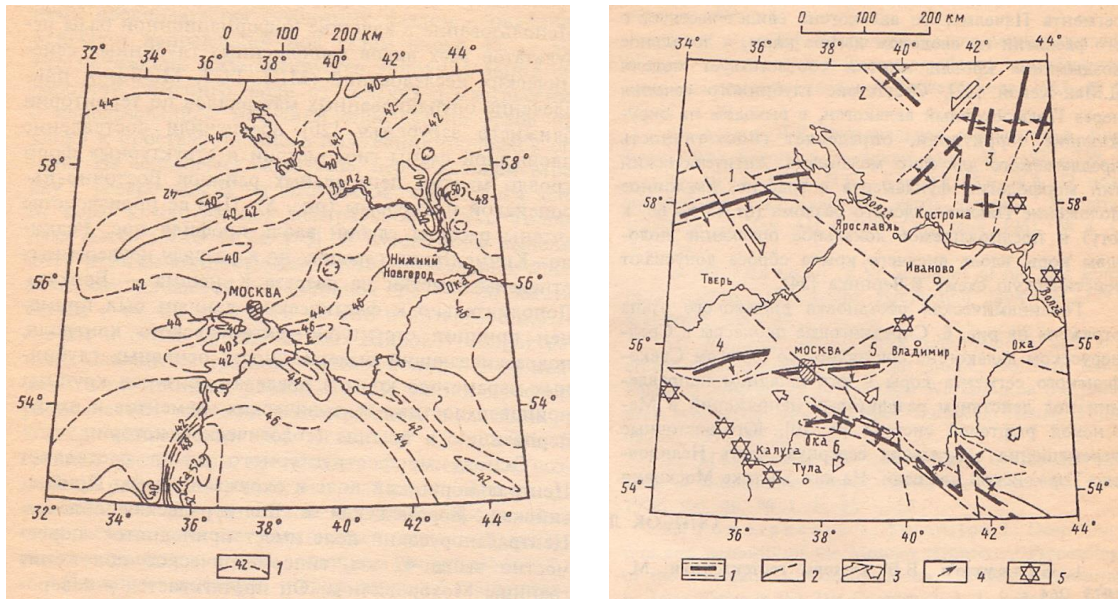


Рис. 5. Слева — рельеф поверхности Мохоровичича Центральных районов Восточно-Европейской платформы [Костюченко, Солодилов, 1997]: 1 — изолинии глубин (км): справа — динамика земной коры центральных районов Восточно-Европейской платформы в рифее: 1 — рифты и их оси; 2 — разломы уверенные и предполагаемые; 3 — направление субгоризонтальных перемещений земной коры разной амплитуды; 4 — перемещения и главные напряжения в рифтах; 5 — вулканотектонические структуры среднепалеозойского и раннемезозойского возраста. Цифрами обозначены: 1 — Валдайский авлакоген, 2 — Среднорусский авлакоген, 4 — Гжатский грабен, 5 — Московский и Павловопосадский грабены, 6 — Пачелмский авлакоген [Костюченко, Солодилов, 1997]

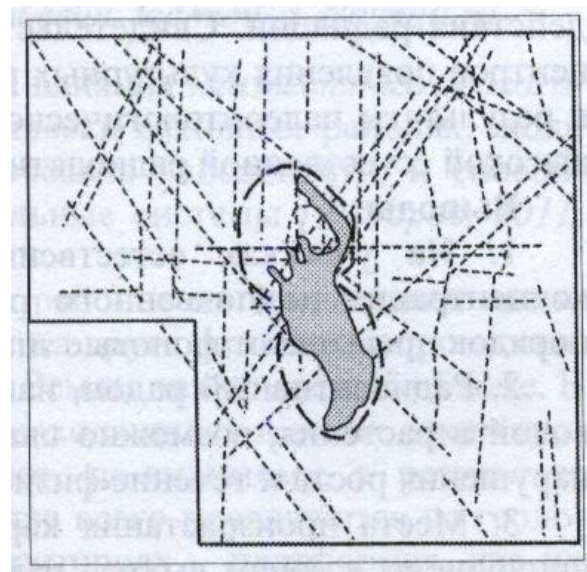
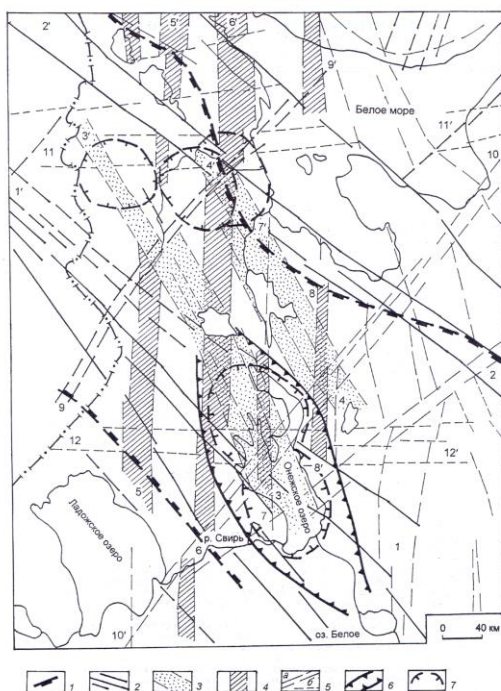


Рис. 6. Слева – схема основных линейных элементов рельефа Карелии: 1 – границы раннепротерозойской рифтогенной Карельско-Лапландской системы; 2 – линеаменты современного рельефа, совпадающие с границами раннепротерозойской рифтовой системы; 3 – кососекущие зоны, расположенные внутри рифтогенной системы; 4 – сквозные меридиональные линейные зоны; 5 – линейные зоны: а – северо-восточные, б – широтные; б – границы кососекущего наложенного грабена; 7 – кольцевые структуры, выявленные по аномалиям современного рельефа [Кочнева, Лобзова, Галдобина, 2004]; справа – узловые и кольцевые структуры района Онежского озера



Рис. 7. Узловые структуры Чашниковской впадины



Рис.8. Слева – овраги, развитые в районе ГМЗ «Коломенское» [Семихатов, 1955]: 1 – ант, 2 – неоком, 3 – юра, 4 – овраги, 5 – оползни; справа – вклюдзы – восходящие источники воды– в русле ручья Дворцового оврага [Полетаев, Агibalов, 2018]. Фото О.А. Меццьяковой, 2018 г.

Впервые в «теле» ВЕП выделены не только единичные клиновидные структуры, что было сделано и раньше [Полетаев, 1999], но и целые системы клиновидных структур, ориентированных субмеридионально и субширотно [Полетаев, 2015; 2016, 2016а].

Показано, что клиновидные структуры, образованные за счёт сочленения линеаментов, часто становятся природными «путями» радоновой и водородной дегазации земной коры [Макаров и др., 2003] (см. рис. 4).

Особое внимание было обращено на узловые структуры, которые образуются, как было показано раньше, «...в результате сочленения и/или пересечения не только разноориентированных, но и разноглубинных (разноэтажных) линейных нарушений – линеаментов, трещинных зон, разрывов» [Полетаев, 1992] и «...представляют собой по латерали структуры повышенной сложности, а по вертикали – ослабленные зоны, обладающие аномальной тектонической раздробленностью, геодинамической подвижностью и флюидопроницаемостью со всеми вытекающими отсюда геологическими последствиями: образованием месторождений (разного масштаба и на разных уровнях земной коры), проявлением разномагнитудной и разноглубинной сейсмичности и вулканических процессов, интенсификацией экзогенных явлений – обвалов, оползней, карста и т.д.» [Полетаев, 1992].

Было показано, что узловые структуры, «характеризующиеся интерференцией кинематических характеристик узлообразующих линейных нарушений», представляют собой сложные геологические конструкции, «подверженные иногда практически единовременно (в масштабах геологического времени) сжатию и растяжению, сколам и даже шарнирному скручиванию», и в силу этого «могут считаться структурами максимальной подвижности и разрушения геологической среды» [Полетаев, 1992].

Среди крупнейших узловых структур Восточно-Европейской платформы можно назвать Московскую, Волго-Донскую, Ладожскую и Онежскую. Все они образованы в местах сочленения или пересечения скрытых тектонических нарушений СВ-го и СЗ-го простираний: Московская – на площади сочленения резких изменений поверхности Мохо СВ-го и СЗ-го простираний (см. рис. 5, слева) и Московского грабена субширотного простирания и Пачелмского авлакогена — СЗ-го простирания (рис. 5, справа); Ладожская и Онежская структуры (см. рис. 6) — на пересечении Балтийско-Ладожско-Онежско-Колгуевской структуры В-СВ-го простирания и линеаментных зон СЗ-го простирания; Волго-Донская — чётко маркируется коленообразными изгибами долинами рек Волги и Дона также СВ-го и СЗ-го простирания (см. рис. 1).

Кроме этого могут выделяться узловые структуры, образованные за счёт сочленения платформенных валов, имеющих различные простирания, как, например, «Пензенский тектонический узел», выделенный Д.К. Андреевым по структурной карте [Копп и др., 2014].

В локальном масштабе также выделяются узловые структуры, которые на территории Чашниковской впадины Подмосковья характеризуются водородными эманациями [Панина и др., 2017] (см. рис. 7), а на территории ГМЗ «Коломенское» — восходящим водными потоками — воклюзами [Полетаев, Агибалов, 2018] (см. рис. 8).

Не исключено, что именно к узловым структурам земной коры приурочены некоторые провалы на территории столичного региона, как, например, провал на Большой Дмитровке, произошедший летом 1998 года (рис. 9).

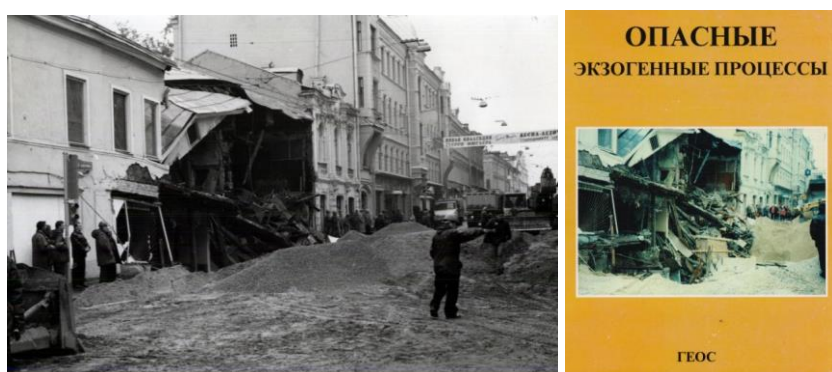


Рис. 9. Карстово-суффозионный провал на Большой Дмитровке [Москва..., 1998]. Фото В.М. Кутенева

Если связь между узловыми структурами и провалами только предполагается, то аналогичные соотношения между узловыми структурами и гидрогеологическими окнами подтверждается исследованиями (рис. 10).

Большой объём времени был уделён поиску, выявлению и изучению дуговых (см. рис.1; рис. 11, 12), кольцевых (рис. 13, 14), а также девиантных и ротационных структур.

Среди крупных дуговых структур, визуально выделяемых по эрозионной сети, можно назвать Беломорскую и Сухоно-Печорскую дуги, обращённые выпуклостью на ЮВ; дуги Среднего Днепра, Верхнего Дона и Северной Двины, обращённые выпуклостью на ЮЗ; двойную — Волго-Камскую — дугу, между Саратовым и Жигулёвской дислокацией обращённую на восток, а между Жигулёвской дислокацией и устьем Камы — на запад.

Давний интерес вызывает дугообразная петля так называемой Жигулёвской дислокации, описанной в 20-х годах прошлого века известным русским геологом Е.В. Милановским (1892 – 1940) (см. рис. 11, слева).

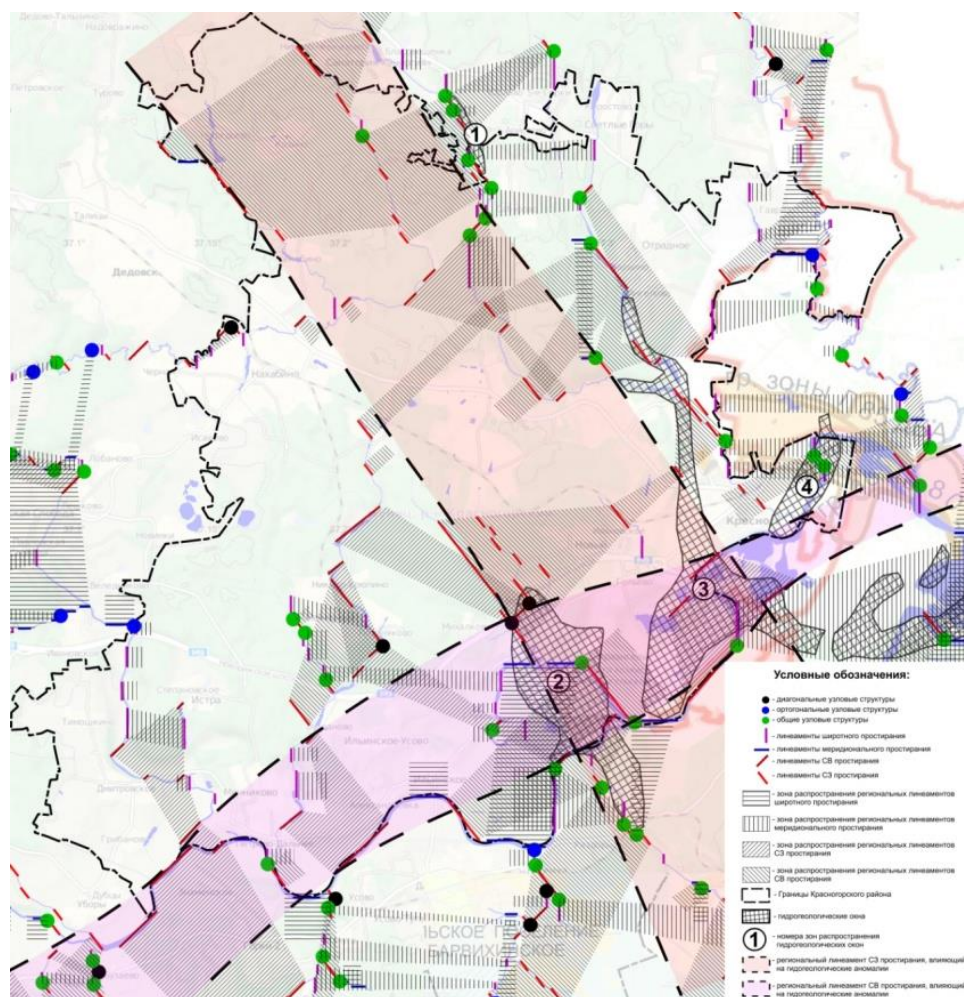


Рис. 10. Схема сопоставления гидрогеологических аномалий и линейментных структур расногорского района Москвы [Караковский, 2017]

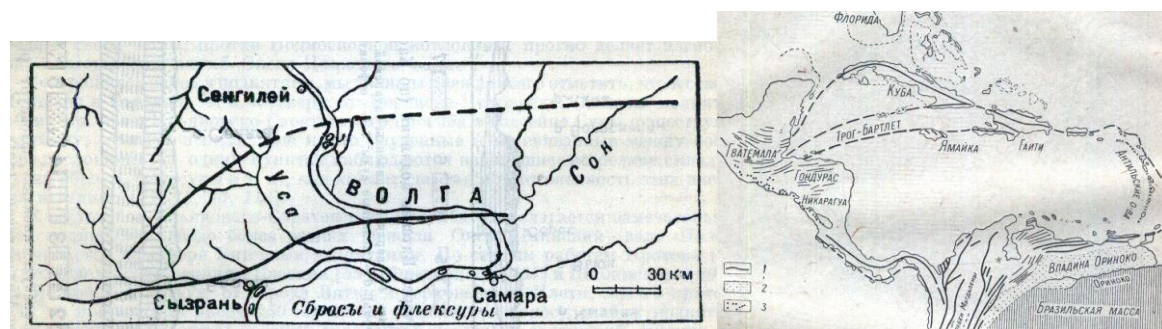


Рис. 11. Слева – направление Жигулёвской дислокации и флексуры р. Усы, по [Милановский, 1924] из [Архангельский 1934]; справа – структурная карта Средней Америки и Антиль: 1 – основное простираение складчатых систем и разломов; 2 – депрессии; 3 – вулканы, по А.Борну, из [Мушкетов, Мушкетов, 1935]

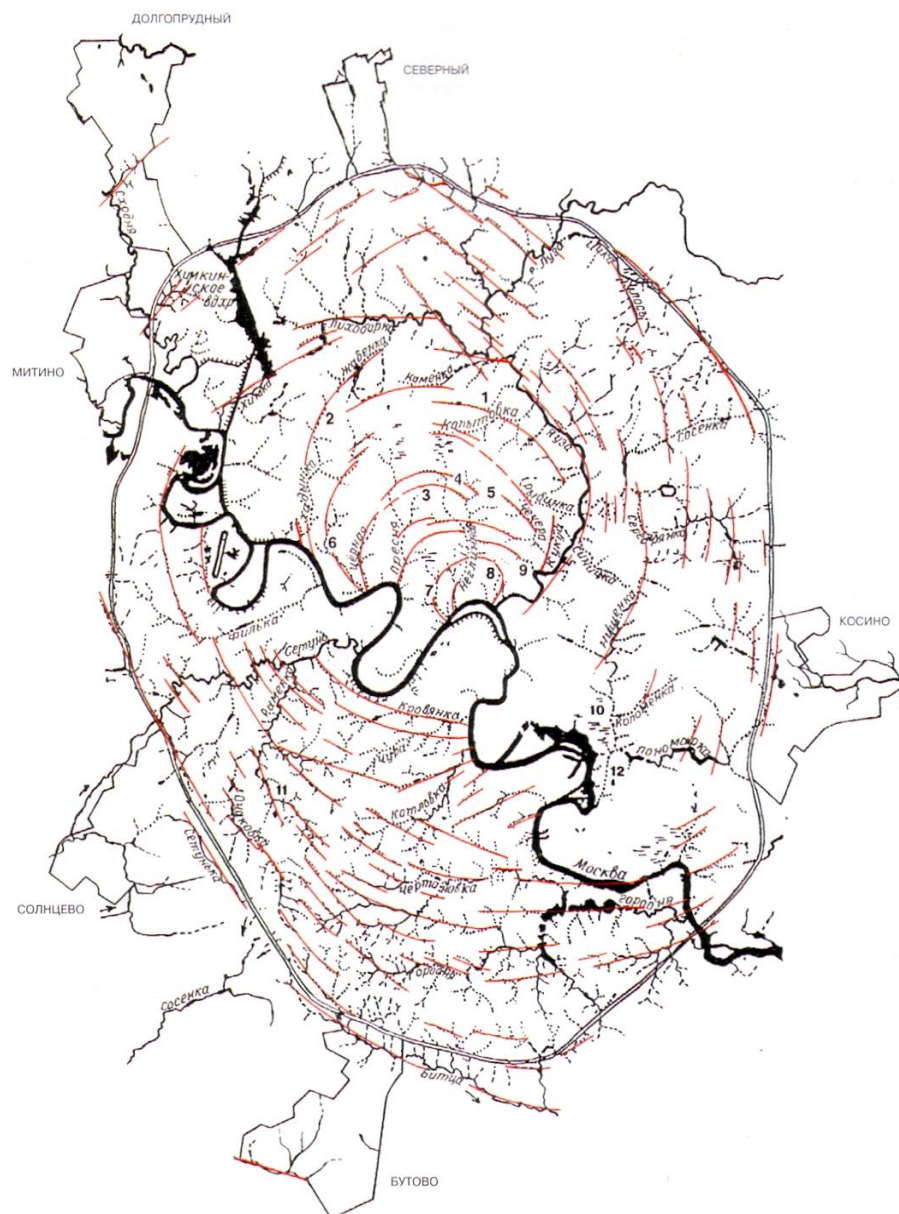


Рис. 12. Дугообразные линеаменты, установленные по гидрографической сети г. Москвы.

Сплошными красными линиями обозначены линеаменты – спрямленные участки эрозионных понижений. Цифрами обозначены: 1 – Останкинский ручей, 2 – р.Таракановка, 3 – р.Кабанка, 4 – р. Самоуёка, 5 – р. Капля, 6 – р. Ермаковский, 7 – руч. Черторный, 8 – р. Рачка, 9 – р. Черногрязка, 10 – Сукино болото, 11 – р. Самородинка, 12 – р. Граворонка [Москва..., 1997]

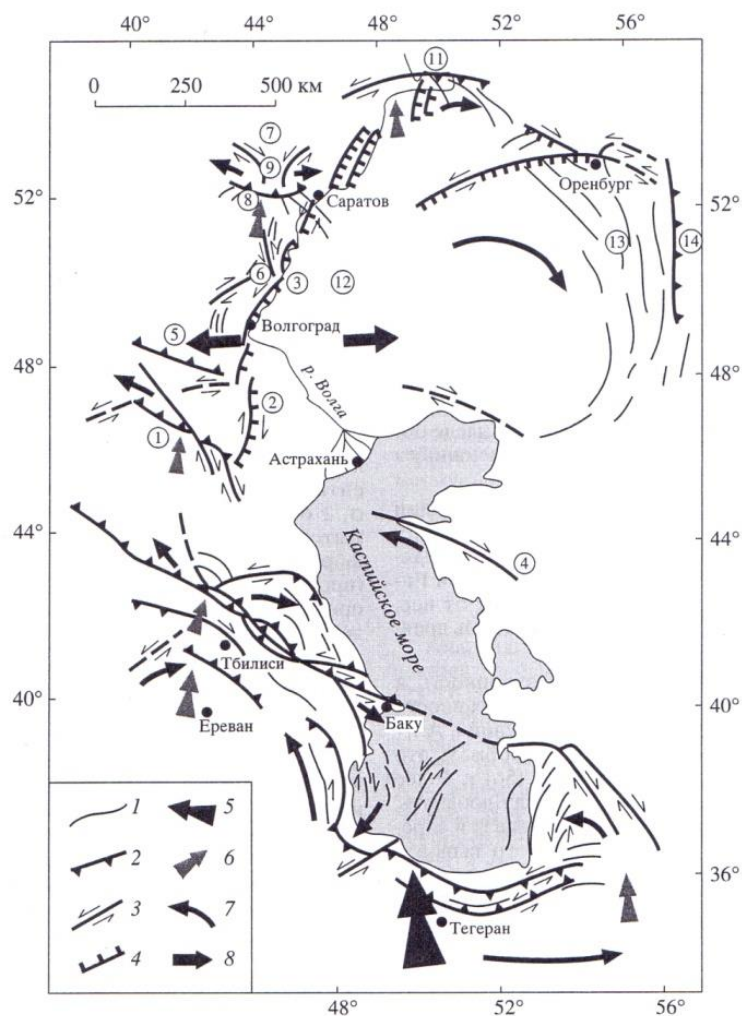


Рис. 13. Кинематическая карта Кавказско-Каспийской области и Нижнего

Поволжья: 1 – мегаскладки и валы; 2 – надвиги и взбросы; 3 – сдвиги; 4 – сбросы; 5 – главное направление давления Аравийской плиты; 6 – локальные участки концентрации давления; 7 – направление латерального выжимания; 8 – направление горизонтального растяжения.

Наименование тектонических единиц (цифры в кружках): 1 – Кряж Карпинского, 2 – Ергенинский и 3 – Приволжский уступы, 4 – Мангышлакская мегантиклиналь, 5 – Котельниковская неотектоническая гряда, 6 – Доно-Медведицкие дислокации, 7 – Саратовские дислокации; валы: 8 – Елианско-Сергиевский, 9 – Слепцовский, 10 – Хлебновский; 11 – Жигулёвские дислокации, 12 – Западно-Прикаспийский прогиб, 13 – Актюбинское Приуралье, 14 – Мугоджары [Леонов и др., 2001]

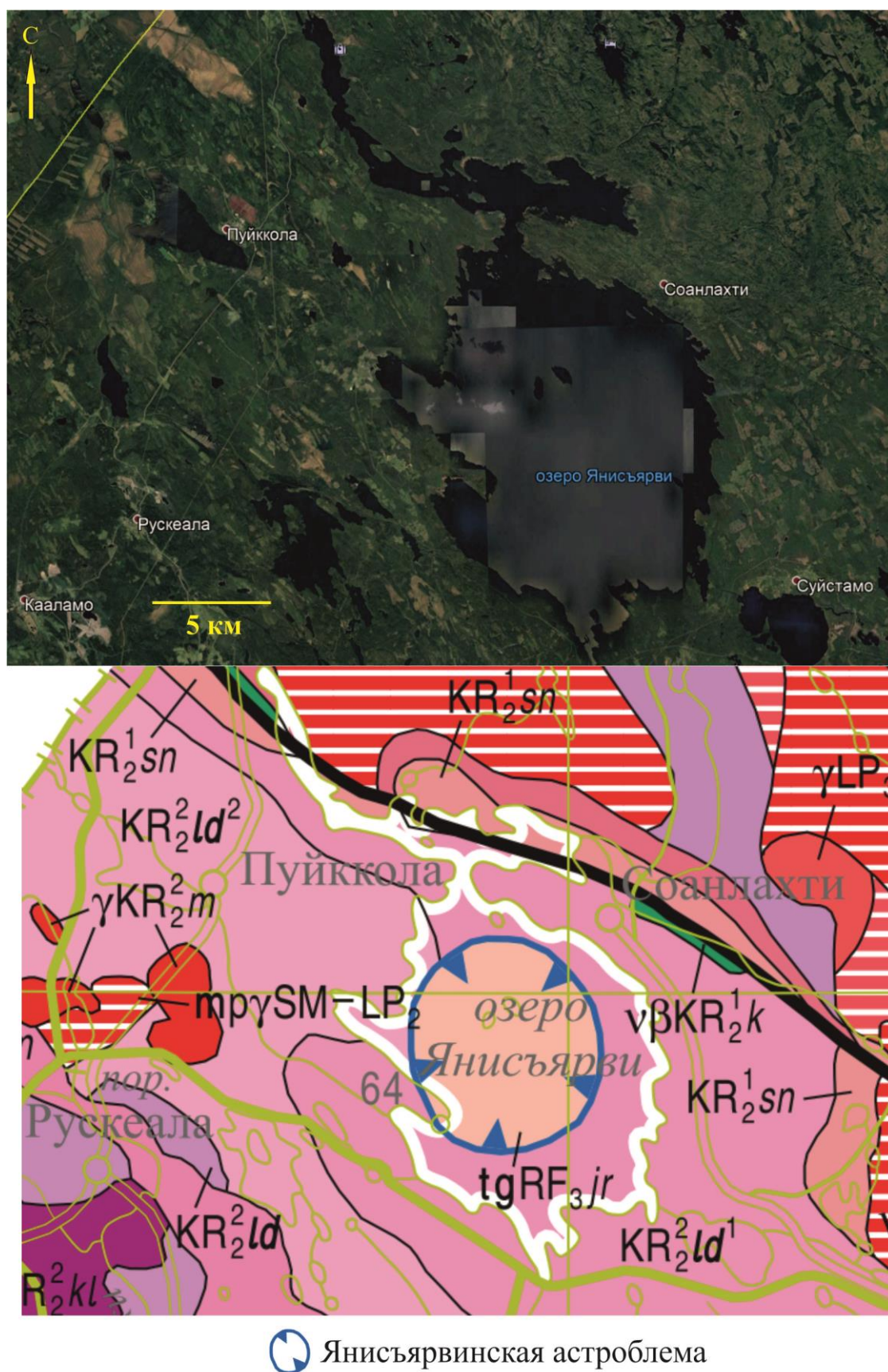


Рис. 14. Янисъярвинская астроблема (Северное Приладожье). Внизу – фрагмент Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 [Государственная..., 2014]

Эта структура, морфология которой удивительным образом напоминает Антильскую (Карибскую) структурную петлю между Северной и Южной Америкой (см. рис. 11, справа) и аналогичную петлю Скоша, расположенную между Южной Америкой и Антарктидой, привлекает внимание исследователей до самого последнего времени [Копп, Тверитинова, 1999]. В локальном масштабе также выделяется множество дугообразных структур. В книге «Москва: геология и город» приводится очень интересная схема дуговых структур нашей столицы (см. рис. 12). В последние годы большое внимание изучению дуговых структур Земли в целом и Восточно-европейской платформы в частности уделяет известный современный геолог Михаил Львович Копп [2016, 2017, 2017a] (см. рис. 13). В 2014 году им с соавторами была опубликована «Карта-схема четвертичных напряжений Востока Русской плиты и Южного Урала» [Карта..., 2014], на которой показано большое количество «дугообразных неотектонических уступов».

На территории Восточно-Европейской платформы выделено огромное количество кольцевых структур [Карта..., 1975; Мещерякова, 2017], генезис которых колеблется от импактного (см. рис. 14) до неясного.

Неплохим индикатором кольцевых структур являются реки. Наглядным примером может служить река Яуза, долина которой на территории Московского мегаполиса образует весьма выразительное полукольцо (рис. 15).

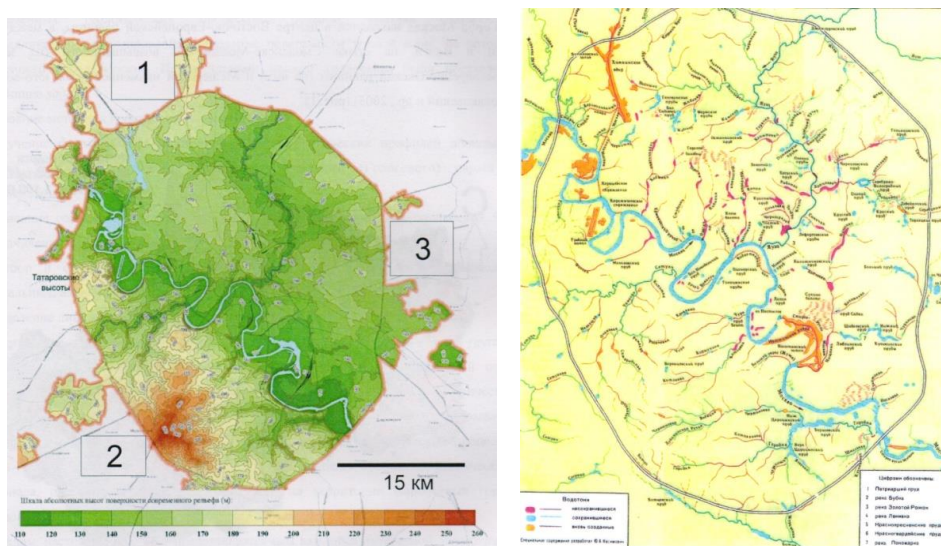


Рис. 15. Слева — гипсометрическая схема Москвы [Гипсометрическая..., 2020]; справа — гидрографическая схема Москвы [Гидрографическая..., 2020]

Ротационные и девиантные структуры описаны, как сказано во «Введении», в статье № 2 [Полетаев, 2020a]. В ней показано, что за время работы по настоящей программе собраны и проанализированы опубликованные материалы, в которых содержатся данные о

ротационных структурах земной коры Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Из опубликованных материалов следует, что левостороннее вращение ВЕП, т.е. против часовой стрелки — «anticlockwise» — было намечено по перемещению «овалов максимального прогибания» палеоморей центральной части ВЕП в течение рифея – ордовика [Апродов, Апродова, 1963] (рис. 16), определяется по анализу особенностей линейamentного поля платформы [Полетаев, 1999, 2000; 2007, 2013], согласуется с палеомагнитными данными о развороте ВЕП также «против часовой стрелки в течение мезопротерозоя» [Лубнина, 1998; Лубнина, Богданова, 2007] и не противоречит другим независимым данным [Моссаковский и др., 2001].

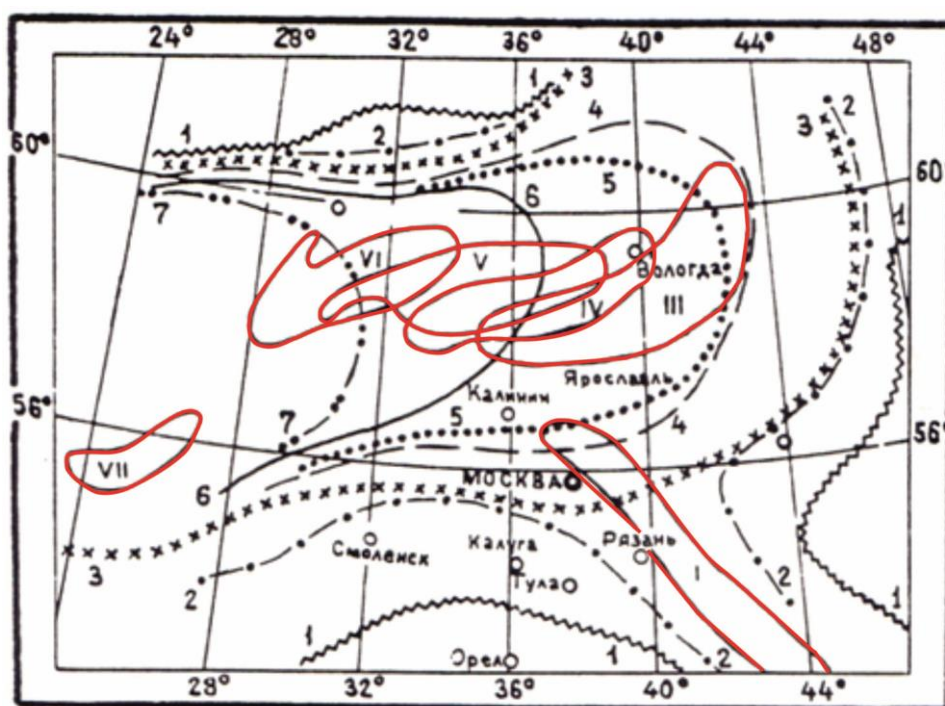


Рис. 16. Перемещение морских береговых линий в рифейском (синийском), кембрийском и ордовикском периодах, по [Апродов, Апродова, 1963]: 1 – в рифее; 2 – раннем кембрии; 3 – среднем кембрии; 4 – раннем ордовике; 5 – среднем ордовике; 6 – позднем ордовике; 7 – в конце ордовика; I–VII – обозначение положения овалов максимального прогибания дна морей, береговые линии которых обозначены арабскими цифрами. Перемещение овалов прогибания накладывалось на региональное поднятие платформы, овалы перемещались в направлении против часовой стрелки

Кроме этого, вращательные движения отдельных блоков земной коры ВЕП намечаются на севере ВЕП при «расклинке» Кандалакшского грабена [Зыков, Колодяжный, Балуев, 2008; Латеральные тектонические потоки в литосфере Земли, 2013] и в центральной части платформы – при расклинке Среднерусского авлакогена [Чамов, Костылева, 2002].

Сопоставление данных о структурах «расклинки» ВЕП с имеющимися данными об аналогичных структурах Западного Крыма [Штенгелов, 1978] и их возможной нефтегазоносности [Соколов, 1981], позволяет предположить повышенную фильтрационность и структур «расклинки» Восточно-Европейской Платформы (ВЕП).

Визуальное дешифрирование топокарты ВЕП масштаба 1 : 3 000 000 ротационных структур не выявило. По особенностям линеamentного поля можно предположить элементы левостороннего, т.е. против часовой стрелки – «anticlockwise» – «следов» вращения земной коры ВЕП.

Эти результаты подтвердились и контрольным анализом линеamentного поля топографической карты листа N-37, т.е. масштаба 1 : 1 000 000.

Конкретные подтверждения повышенной флюидопроницаемости или, как очень удачно сказано в одной из работ, «флюидизации» [Кузин, 2012] границ отдельных блоков земной коры в результате ротационных процессов, развитых в земной коре ВЕП, пока не найдены, но поиски их будут продолжены.

В этой связи уместно ещё раз напомнить, что ещё в 1962 году профессор кафедры динамической геологии Геологического факультета МГУ Николай Иванович Николаев (1906–2002) среди основных пяти направлений дальнейших комплексных геологических исследований указывал и на «Изучение особенностей ротационного режима Земли и закономерностей изменения скорости её вращения, в связи с результатами проявлений разнообразных геологических процессов, ведущих к перемещению масс как на поверхности земного шара, так и в его недрах» [Николаев, 1962].

С момента публикации формулировки данного направления геологических исследований прошло более полувека, но оно — это направление — остаётся таким же актуальным, как и тогда, когда было сформулировано.

Заключение. Известно, что развитие многих естественных наук обусловлено двумя основными факторами – сбором и анализом фактического материала и построением на этой основе концепций, гипотез и теорий; в общем смысле – парадигм, господствующих на том или ином временном отрезке «жизни» науки. Не избежала этого процесса и геология. В течение трёх последних столетий в нашей науке сменилось не менее десяти (!) основных парадигм.

XVIII век «подарил» наукам о Земле концепцииу непутизма, согласно которой первостепенное значение в развитии Земли придавалось внешним (экзогенным) процессам, особенно, воде; плутионизма, отводившего в развитии Земли внутренним (эндогенным) процессам, особенно, магматизму, эволюционизма, полагавшего, что Земля и её животный

мир развиваются медленно, без каких-либо скачков и катастроф, и катастрофизма, объяснявшего смену фауны именно катастрофами на поверхности Земли.

В течение XIX–XX веков, по мере накопления фактического материала, концептуальные представления уступили место гипотетическим.

В начале XIX века двумя выдающимися учениками основателя непутизма А.Вернера — Леопольдом фон Бухом (1774–1853) и Александром фон Гумбольдтом (1769–1859) почти одновременно была сформулирована и обоснована первая геотектоническая гипотеза — гипотеза «кратеров поднятий», согласно которой «все наблюдаемые нами вблизи поверхности Земли явления поднятия, смещения и смятия слоёв вызваны непосредственным воздействием на них внедряющихся магматических пород» [Хаин, Рябухин, 1997].

В середине XIX века гипотезу «кратеров поднятий» сменила гипотеза «контракции» французского ученого Л. Эли де Бомона (1798–1874), объяснявшая образование горно-складчатых сооружений сжатием земной коры вследствие её остывания и уменьшения объема внутренних оболочек Земли.

В конце XIX — начале XX вв. американские геологи Джеймс Холл (1811–1898), Джон Дэна (1813–1895) и французский геолог Гюстав Эмиль Ог (1861–1927) разработали учение о «геосинклиналях», то есть о крупных линейных прогибах земной коры, на месте которых и развивались затем горно-складчатые сооружения. Разработанное на основе гипотезы контракции учение о геосинклиналях далеко вышло за её пределы и в течение трёх четвертей XX века доминировало в геологической теории и практике, совершив в некоторых отраслях геологического знания, например, в исторической геологии «революцию принципиального характера».

Именно такое значение придавал учению о геосинклиналях известный отечественный геолог Е.В.Милановский (1892–1940), оценив разницу между старыми, так сказать «догеосинклинальными», и новыми курсами исторической геологии, как разницу «между магазином случайных вещей и научным музеем» [Хаин, Рябухин, 2004].

Следует отметить, что практически одновременно с развитием учения о геосинклиналях начали формироваться представления об их антиподах — платформах.

В это же время, то есть на рубеже XIX и XX вв. на основе известных достижений, особенно в физике, значительные изменения претерпели и космогонические представления: на смену небулярной гипотезы Канта — Лапласа пришла планетезимальная гипотеза Мультона — Чемберлена и наметился переход от «горячих» космогоний, постулировавших изначально расплавленное состояние Земли, к «холодным», отрицавшим такое состояние.

Естественно, что такие общенаучные изменения не могли не коснуться геологии, в которой начался активный поиск новой парадигмы, которая должна была заменить идеи контракционизма. Но вместо одной альтернативной гипотезы было выдвинуто несколько, причем взаимоисключающих друг друга: *гипотеза подкоровых течений* австрийского геолога, известного исследователя Альп О. Амперера (1906), предполагавшего, что складчатые деформации возникают при пододвигании жёстких блоков земной коры под геосинклинали; *гипотеза дрейфа материков* американского геолога Ф.Тейлора (1910) и немецкого геофизика А. Вегенера (1912), объяснявшая расхождение (разбегание) континентов ротационными силами и некоторым проскальзыванием земной коры по мантии; пульсационная гипотеза американского геолога У. Бухера (1933), поддержанная в России М.А.Усовым (1883–1939), М.М. Тетяевым (1882–1956), В.А.Обручевым (1863–1956), и основанная на предположении о периодическом, *пульсационном изменении объема Земли*, причины которого были, к сожалению, неизвестны; *осцилляционная гипотеза* немецкого геофизика Э.Хаармана, согласно которой поднятия земной коры — геотуморы — возникают в результате влияния внешних приливных сил; *ундационная гипотеза* известного исследователя Индонезии голландского геолога Р.В.ван Беммелена (1933), полагавшего, что поднятия — положительные ундации земной коры — образуются не вследствие воздействия внешних сил, а, как раз наоборот, в результате глубинной дифференциации подкорового вещества и подъёма кислых расплавов — так называемых астенолитов; *радиомиграционная гипотеза*, разработанная в конце 30-х годов XX века известным советским тектонистом В.В. Белоусовым (1907–1990) и привлекавшая в качестве основного «возбудителя» тектогенеза и магматизма радиогенное тепло глубинных сфер Земли; *гипотеза расширяющейся Земли*, предполагающая, что когда-то материки были единым целым, а затем «расползлись» за счет расширения радиуса Земли, была намечена в работах М.В.Ломоносова, Дж.Геттона и других ученых и активно развивается известным отечественным геологом Е.Е.Милановским (1923 – 2012).

Надо признать, что ни одна из названных выше гипотез не завоевала общего признания, а как бы иллюстрировала известное выражение Э.Зюсса (1831–1914), считавшего развитие своих взглядов не более, чем «результат путешествия от одного заблуждения к другому» [Хаин, Рябухин, 2004].

Ситуация резко изменилась в 60-х годах XX века, когда американскими геологами Г. Хессом и Р. Дитцем была предложена гипотеза спрединга или разрастания океанского дна (1962), а затем усилиями также американских геологов и геофизиков Л.Р. Сайкса, Дж. Оливера, Б. Иакса, У. Дж. Моргана и других была разработана гипотеза «новой глобальной

тектоники» или «тектоники литосферных плит» (1968), сущность которой сводится к выделению в литосфере 6–8 крупных литосферных плит, смещающихся друг относительно друга с раздвигом, поддвигом или скольжением по трансформным разломам по законам сферической геометрии, известным со времен Эйлера, под действием конвективных течений в мантии.

Считается, что к началу XXI века данная гипотеза получила практически повсеместное признание, превратившись из скромного, по выражению одного из ее основателей Г. Хесса, «опыта геопоззии», в первую, как считают её апологеты, в истории геологии экспериментально проверяемую научную теорию. Но на самом деле не всё так просто! Во второй половине XX века Геология «пережила» не одну, а три так называемые научно-технические «революции»: собственно геологическую, космическую и технологическую.

Собственно геологическая «революция» выразилась в резкой смене парадигм: так называемый «фиксизм» сменился так называемым «мобилизмом». Космическая «революция» проявилась в массовом внедрении в геологические исследования снимков Земли из Космоса. Технологическая — в известной всем компьютеризации всех сфер жизни, а значит, и Геологии. Практическая одновременность этих трёх событий не означала и не означает до сих пор одинаково равноценного их влияния на развитие Геологии.

Так, до сих пор существует оппозиция представлениям «новой глобальной тектоники», т.е. именно той новой — мобилистской — парадигме, о «победе» которой некоторые исследователи поспешили заявить уже / ещё в начале 80-х годов прошлого века [Тихомиров, 1984].

Технологическая «революция» внесла существенный вклад в активное развитие компьютерных программ обработки различных геологических данных: от их статистической обработки до моделирования различных объектов и процессов.

Космическая «революция» преподнесла, пожалуй, самый неожиданный сюрприз, т.к. внедрение космических снимков в геологические исследования буквально взорвало сложившиеся к тому времени представления о: а) хорошей изученности земной коры; б) стабильности некоторых блоков земной коры, например, Восточно-Европейской платформы. Именно благодаря этой «революции», в результате которой при изучении структуры Земли в 70-х годах прошлого века стали широко применяться разномасштабные космические снимки, были «возвращены» в геологический научный «оборот» полузабытые, а то и вовсе забытые, но весьма интересные геологические объекты и процессы: узловые структуры, выделенные в далёком 1530 году Агриколой; кольцевые горы, описанные (правда, на поверхности Луны), в 1610 году Г. Галилеем; дуговые структуры, упомянутые в 1669 году Н.

Стено; вращательные движения, описанные М.В. Ломоносовым в 1756 году; протяжённые линейные структуры Марса, описанные итальянским астрономом Дж. Скиапарелли в 1877 году; клиновидные очертания материков, отмеченные А.П. Карпинским в 1888 году; линеаменты, выделенные в начале XX века американским геологом У.Г. Хоббсом.

К настоящему времени накопился солидный материал о структурах, описанных выше, и развитых в самых различных регионах Земли, в том числе и в земной коре огромного блока Земли — древней, т.е. докембрийской Восточно-Европейской платформы.

Подводя итоги проведённого исследования можно отметить следующие результаты.

1. Земная кора Восточно-Европейской платформы насыщена реально наблюдаемыми линейными, клиновидными, узловыми, дугowymi и кольцевыми структурами, и содержит «вычисляемые» элементы вращения против часовой стрелки.

2. В очередной раз были продемонстрированы высочайшие технологические возможности визуального ЛАЗК при поиске, выделении и обосновании скрытых тектонических нарушений [Богословский и др., 2013; Полетаев, 2014].

3. Именно благодаря применению ЛАЗК, в виде единой структуры была выделена Балтийско-Ладожско-Онежско-Колгуевская линеаментная зона [Агибалов и др., 2017; Полетаев, Агибалов, 2017; Полетаев и др., 2016], характеризующаяся повышенной геодинамической подвижностью, сейсмической активностью и флюидопроницаемостью, что подтверждается гидрохимическими аномалиями, характерными для её СВ-го фланга [Башилов, 1987], и проявлениями урана и шунгита, выявленными в районе Онежского озера [Белашев, Болондинский, 2013]. Роль и значение этой зоны, намеченной ещё А.П. Карпинским (1847–1936) в виде «зоны продольных и поперечных сбросов», ещё предстоит выяснить всеми возможными современными методами и способами.

4. Клиновидные структуры Восточно-Европейской платформы, выявленные с помощью визуального линеаментного анализа топографических карт разного (1: 3 000 000, 1 : 1 000 000, 1 : 25 000) масштаба позволяют по-новому «взглянуть» на структурные закономерности изученного региона, т.к. известно, что «Правильное определение геометрии тектонических форм или морфологии новейших деформаций земной коры на разных её уровнях является проблемой первостепенной важности, так как эти формы уже сами по себе или в своей совокупности, как известно, несут генетическую информацию» [Юдахин и др., 2003].

5. Полученные результаты свидетельствуют о более сложном соотношении структуры фундамента Восточно-Европейской платформы и её рельефа. По крайней мере, можно полагать: представления (сформированные на основе изучения Московской синеклизы) о

том, что «разломно-блоковая тектоника фундамента находит достаточно четкое отражение в распределении гидросети и в рельефе поверхности синеклизы» [Федынский и др., 1975], доминировавшие на протяжении почти полувека, не отвечают или отвечают не полностью, как показано в статье № 1 [Полетаев, 2020], реальной геологической ситуации.

Вероятно, в развитии структур осадочного чехла Восточно-Европейской платформы и «в распределении гидросети и в рельефе поверхности» не меньшую роль сыграли и экзогенные факторы. В первую очередь к таким факторам должны быть отнесены гляцио – тектонические процессы, связанные с периодической сменой (около шести «смен» за последние примерно 700 000 лет) нагрузок (компрессий) на земную кору и последующих разгрузок (декомпрессий) в ходе, соответственно, «наступления» и «отступления» мощных ледовых покровов.

И ещё об одном важном аспекте следует ещё раз напомнить. Дело в том, что не только особенности структурной организации земной коры так или иначе могут влиять на направленность и интенсивность флюидопотоков, но и сами флюидопотоки могут влиять на активность развития тех или иных структур земной коры.

Огромна и до сих пор ещё не изучена досконально роль воды в образовании и развитии дизъюнктивной, если так можно выразиться, геосферы.

Хотя уже сегодня хорошо известно, что «Большую роль в развитии трещиноватости играет насыщение её водой и минеральными растворами» [Кузин, 2014]. Более того, показано, что «вода формирует унаследованное простираие трещиноватости в осадочном чехле» [Кузин, 2014]. Но и это ещё не всё: по мнению одного из видных современных гидрогеологов, «Практически повсеместное распространение воды в жидком виде на глубинах геологического разреза вплоть до 374° С, обуславливает, прежде всего, её «расклинивающие» возможности» [Вартанян, 2015]. Полагаем, что только комплексный подход или, выражаясь на современном сленге, геологический «микс» в изучении давно назревшей и даже перезревшей проблемы поможет найти более адекватные решения и в теории, и в технологии, и в практике.

6. Особенно следует отметить, что описанные выше «особые структурные формы» наблюдаются в земной коре Восточно-Европейской платформы не разобщённо, а как бы в едином комплексе, часто транзитируя, т.е. переходя друг в друга: линеаменты образуют клинья; клинья могут образовывать узлы; те же клинья, за счёт разных простираий, могут способствовать образованию дугообразных структур, а узловые структуры – образованию полукольцевых или кольцевых структур; кольцевые структуры, за счёт неравномерного

внешнего давления / сжатия, могут испытывать повороты, а то и вращение, т.е. превращаться в ротационные структуры.

Примером комплексного развития ОСФ может служить Московский регион, на территории которого развиты все виды ОСФ: линейные (линеаменты) (см. рис. 3, справа; рис. 4, слева), клиновидные (см. рис.2, справа; рис. 6, слева), дуговые (рис. 12), узловы (рис. 6, справа; рис.10), кольцевые (рис. 15), ротационные (рис. 16).

7. Собранные материалы и проведённые собственные исследования позволяют сделать вывод о том, что:

— линеаменты, тотально пронизывающие структуру земной коры Восточно-Европейской платформы, могут рассматриваться, «...как результат фильтрации высоконапорных флюидов вдоль пассивных разломов фундамента» [Гончаров, 2002], с другой – могут быть путями, если можно так сказать, рассеянной фильтрации и дегазации (см. рис. 4);

— узловы структуры могут считаться участками максимальной фильтрации и дегазации, о чём свидетельствуют месторождения различных полезных ископаемых, приуроченных именно к этим структурам (см. рис. 17, 18, 19).

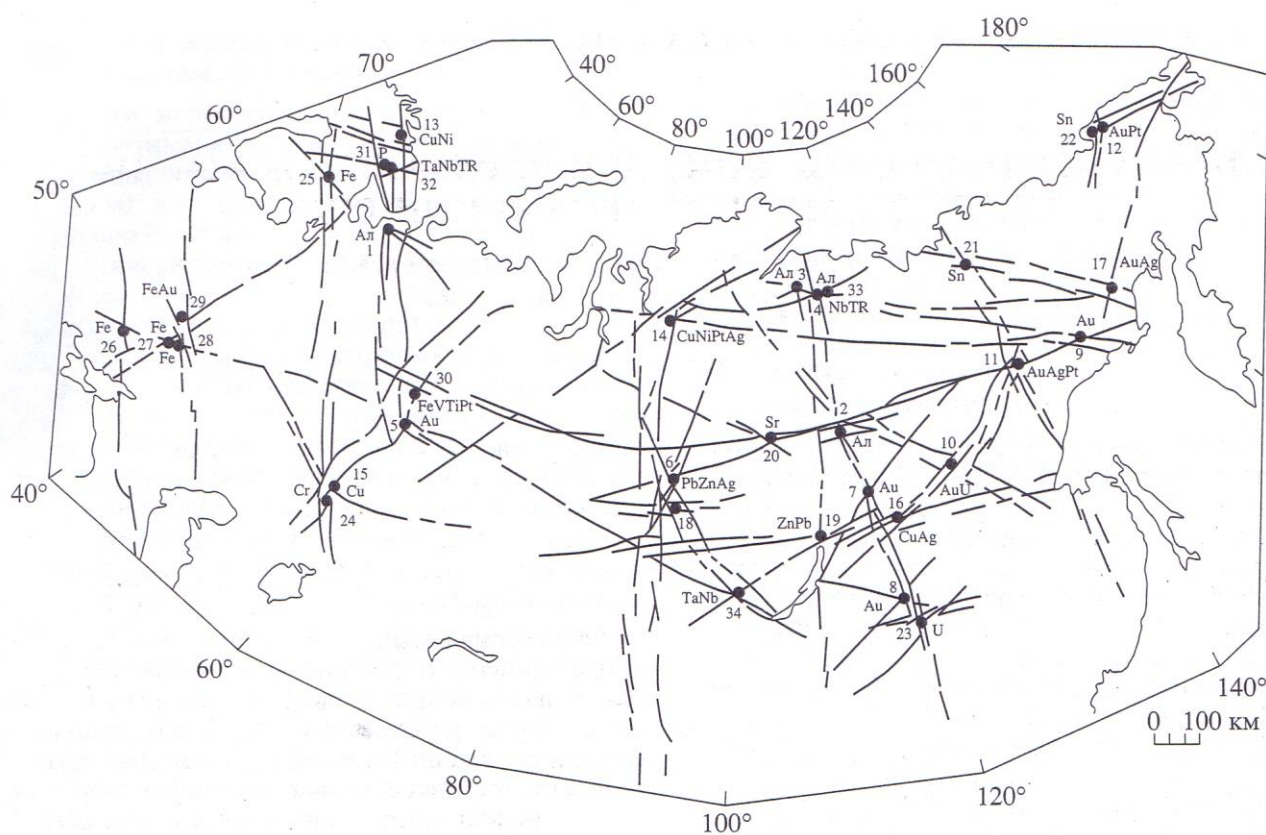


Рис. 17. Сеть главнейших рудоконтролирующих линеamentов России, структурных узлов их пересечения и размещение суперкрупных месторождений [Перцов и др., 2002]. Номера соответствуют месторождениям: 1 – Золотицкая группа, 2 – Мир, 3 – Попигаи,

4 – Эбелях-2, 5 – Березовское, 6 – Олимпиадинское, 7 – Сухой Лог, 8 – Бaley, 9 – Наталка, 10 – Алданский узел, 11 – Неждановское, 12 – Майское, 13 – Печенгская группа, 14 – Талнахская группа, 15 – Гай, 16 – Удокан, 17 – Дукач, 18 – Горевское, 19 – Холоднинское, 20 – Увакитское, 21 – Депутатское, 22 – Первончалное, 23 – Стрельцовская группа, 24 – Кемпирсай (Казахстан), 25 – Костомукиа, 26 – Горишне-Плавнинское (Украина), 27 – Белгородское, 28 – Лебединское, 29 – Михайловское, 30 – Качканарское, 31 – Хибинская группа, 32 – Ловозерское, 33 – Томтор, 34 – Белозиминское, по [Карта..., 1991; Карта..., 1995]. Ал – алмазы, TR – редкие земли.

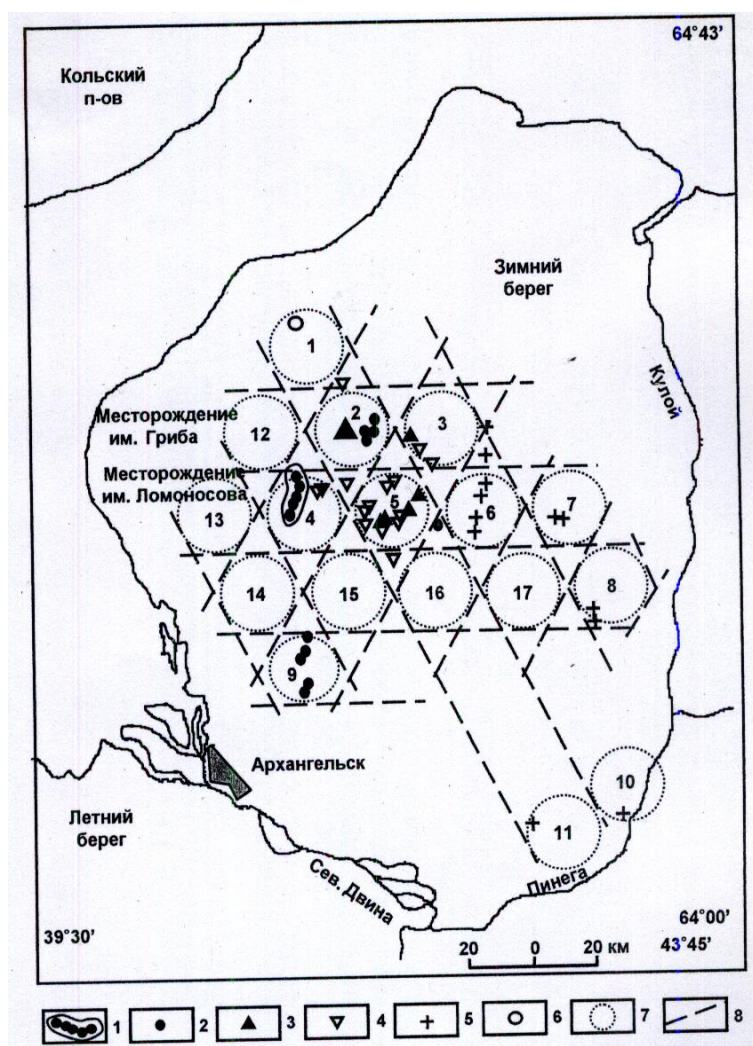


Рис. 18. Магматические проявления и их узлы на территории Зимнего берега [Барышев, 2006]. Магматические проявления: глиноземистой серии: 1 – кимберлиты, 2 – киммелилиты и мелилиты; железотитанистой серии: 3 – кимберлиты, 4 – кимпикриты и пикриты; 5 – базальты; 6 – карбонатиты и кимберлиты; 7 – предполагаемые контуры магматических узлов (проекций магматических очагов), в том числе: 1 – Мельский, 2 – им. Гриба, 4 – Золотцкий, 5 – Кепинский, 9 – Ижможерский; 8 – предполагаемые проекции отрицательных фаз глубинных волн в гравитационно неустойчивой среде [Петров, 2007]

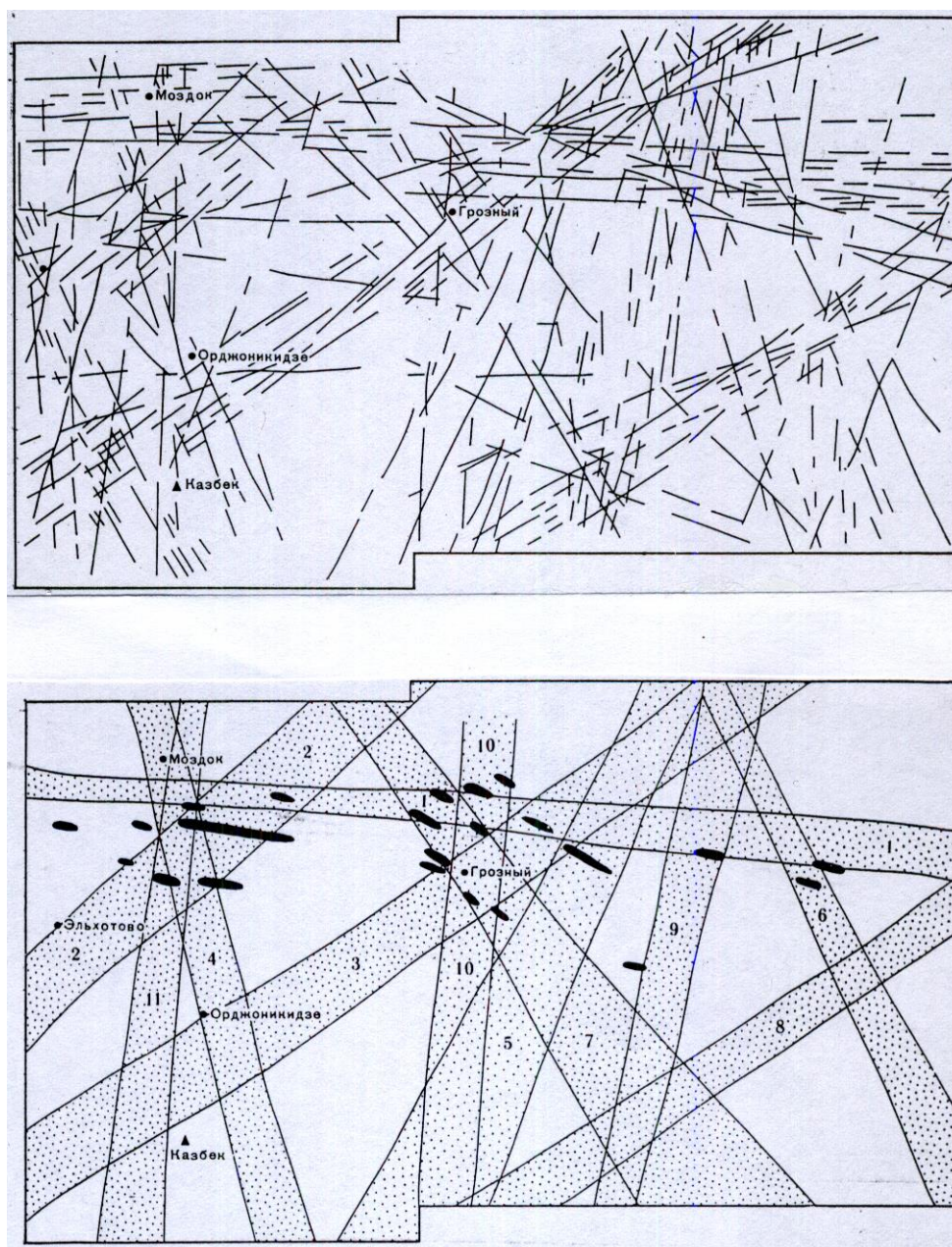


Рис. 19. Вверху: Линеаментная сеть, отдешифрованная автоматически по системе «Прогноз» при пороге 55–75. Внизу — линеаментные зоны, полученные при автоматическом дешифрировании по системе «Прогноз»: 1 – Терско-Сулакская; 2 – Эльхотовско-Малгобекская; 3 – Владикавказско-Грозненская; 4 – Верхнетерская; 5 – Аргунская; 6 – Сулакская; 7 – Аргун-Андийская; 8 – Андийская; 9 – Аксайская; 10 – Грозненская; 11 – Моздокская. Чёрным показаны месторождения нефти, по [Короновский и др., 1986].

Клиновидные и кольцевые структуры можно назвать участками площадной фильтрации и дегазации. Ярким примером такой структуры может быть «Тимано-Печорский клинораздвиговый Геоблок» [Красный, 1987], расположенный между «Московско-

Мезенским геоблоком» Восточно-Европейской платформы и «Уральской межблоковой системой» (рис. 20, I), «особенности тектонического развития и условий осадконакопления» которого «обеспечили в Тимано-Печорском регионе многоэтапную генерацию и аккумуляцию углеводородов и, в конечном итоге, способствовали распределению залежей различных типов практически по всему осадочному чехлу и в самых разнообразных структурах» [Богацкий и др., 2002]. Особенности тектонического развития, повлиявшие на фильтрационные свойства данного региона предопределились, вероятно, клиновидным характером не только внешнего контура Тимано-Печорского геоблока (см. рис. 20, I), но и его внутреннего устройства (рис. 20, II).

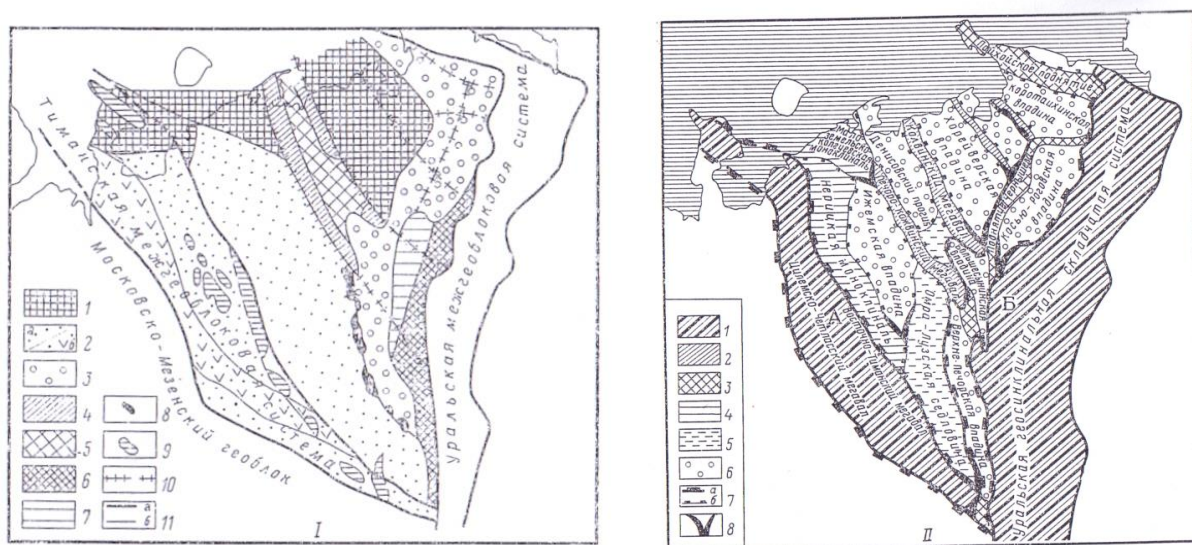


Рис. 20. Схема тектонического районирования Тимано-Печорского клинораздвигового геоблока: I – по Н.Г. Берлянд и И.В. Запорожцевой [1982], с изменениями, II – по В.А. Дедееву и др. [Красный, 1984] с изменениями; из [Красный, 1987].

Для I: 1 – кристаллический фундамент (AR – PR₁); 2 – перикратонные структуры (PR₂): а – Притиманский вулканогенный пояс; 3 – Приуральский прогиб (PZ); 4,5 – Печоро-Колвинская палеоструктура (PR₂–PZ₁₋₂); 4 – палеоавлакогены, 5 – палеоподнятия; 6 – Урало-Пай-Хойское поднятие (V–Є); 7 – обрамляющие его грабены (V–Є); 8 – погруженные интрузии основного (?) состава (PZ); 9 – выходы на поверхность рифея; 10 – разломы; 11 – границы: а – главных структур, б – второстепенных. Для II: 1 – граничные межгеоблоковые системы: А – Тиманская, Б – Уральская; 2 – мегавалы и валы; 3 – поднятия; 4 – моноклинали; 5 – седловины; 6 – впадины и депрессии; 7 – границы структур: а – главных, б – второстепенных; 8 – условное обозначение клиновидных впадин

Морфологически Тимано-Печорская клиновидная структура напоминает аналогичную структуру впадины Маракайбо (Венесуэла), расположенной между восточными

отрогами Андской складчатой системы – хребтами Сьерра-де-Периха и Кордильера-де-Мерида, заполненной морскими песчаниками и сланцами мела, континентальными и морскими угленосными отложениями кайнозоя, вмещающими крупные залежи нефти и газа. Ещё одним интересным примером клиновидной структуры может служить дельта Волги (см. рис.1) — самая большая, по данным Википедии, речная дельта в Европе и 8-я в мире, которая насчитывает до 500 рукавов, протоков и мелких речек, заложившихся, как правило, по разномасштабным по тектонически «слабым зонам» — разрывам и трещинам.

Кольцевые структуры, широко развитые в земной коре Восточно-Европейской платформы, также обладают площадной, но уже специфической, можно предположить, кольцевой же флюидизацией. Отличный пример — Московская кольцевая структура, которая индицируется не только полукольцом, которое образует Истра — левый приток Москвы-реки (см. рис. 15), но и массой более мелких дуговых / полукольцевых структур (см. рис. 12). Кольцевая структура, вкупе с радиальными линеаментами, вероятно, предопределила радиально-кольцевой характер ландшафта данной местности, затем — радиально-кольцевой характер исторического обживания данной территории, а в новое время и архитектурно-планировочные решения столицы России (рис. 21).

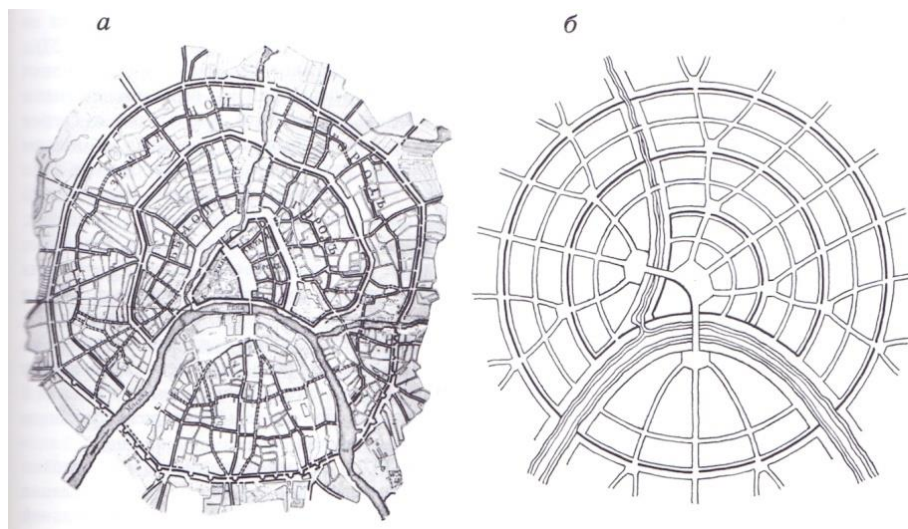


Рис. 21. Планировка Москвы XVII в.:

а – реальная ситуация; б – идеализированная схема. Схема Г.Я. Мокеева [Кудрявцев, 1994]

Характеризуя кольцевые структуры, как территории площадной фильтрации, нельзя не отметить одно обстоятельство: участки концентрированной фильтрации тяготеют, как это не покажется странным, не к центру кольцевых структур, а к их периферии, что ярко «иллюстрируется» периферийным расположением месторождений различных полезных ископаемых (рис. 22, 23).

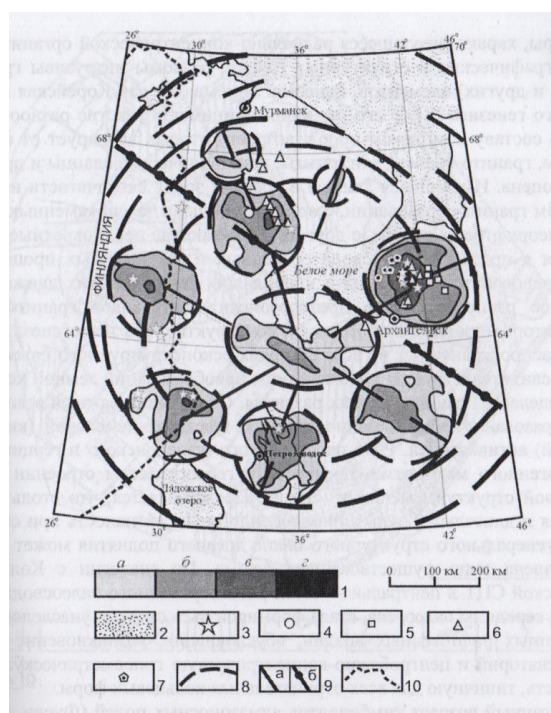


Рис. 22. Благоприятные участки (по дистанционной прогнозно-поисковой модели в ранге район) для проникновения к поверхности кимберлитов, лампроитов [Серокуров и др., 2009] и проецируемые на поверхность каркасные дуговые и кольцевые разломы Кольско-Карельского надплюмового реликтового мегасвода [Гаврилов, 2014]:
1 – участки аномального присутствия благоприятных признаков, σ : а – 0,5, б – 1, в – 2, г – 3; 2 – площадь развития осадочных комплексов, перекрывающих тела кимберлитов и лампроитов; находки: 3 – кимберлитов, 4 – лампроитов, 5 – толеитовых базальтов, 6 – щелочных и ультращелочных пород, 7 – лампрофиров; системы разломов, намеченные по геолого-геоморфологическим данным: 8 – дуговые и кольцевые, 9 – радиальные (а), диаметральный Кандалакиско-Северодвинский (б); 10 – государственная граница; аномалии: 1 – Центральнокольская, 2 – Восточнокольская, 3 – Кандалакиская, 4 – Зимнебережная, 5 – Куосамо-Костомушская, 6 – Ветреннобережная, 7 – Плесецкая, 8 – Куаво-Куопийская, 9 – Онежская, 10 – Ладожская, по [Гаврилов, 2016]

Аналогичное – контурное – положение занимают также Аралсорское и Волго-Уральское газонефтяные месторождения Прикаспийской впадины (рис. 23).

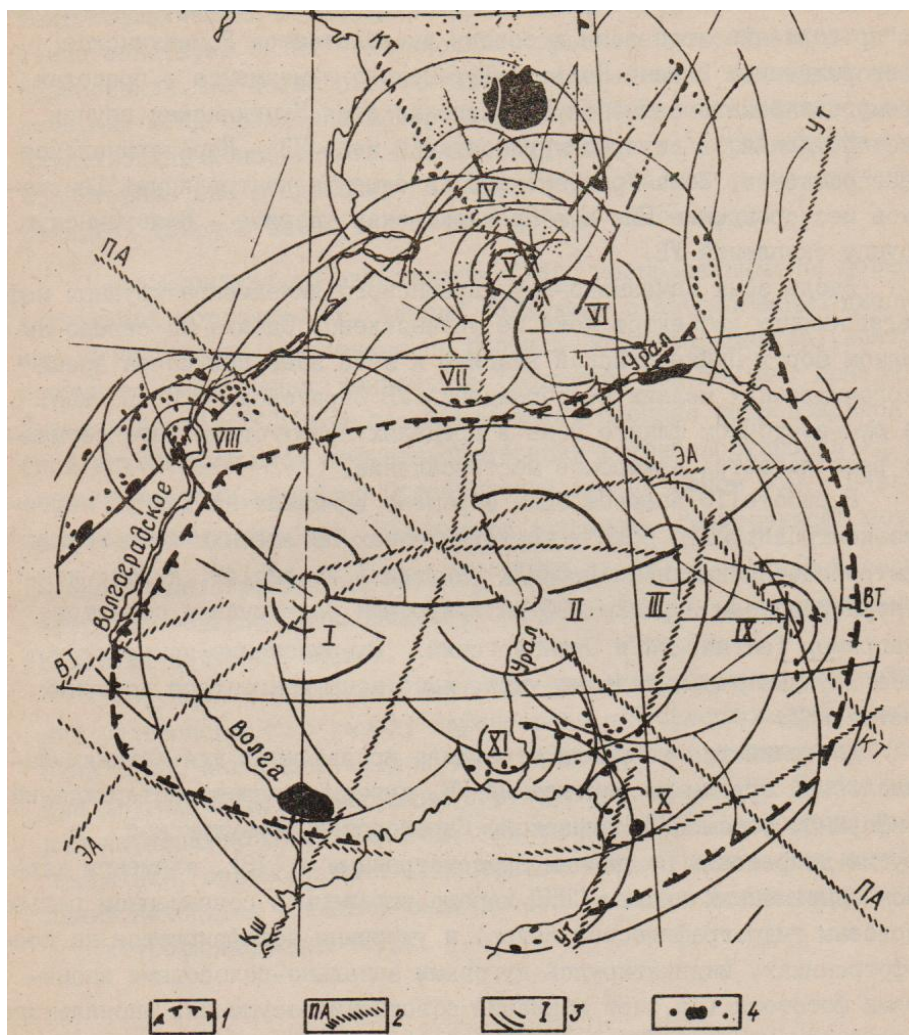


Рис. 23. Нефтегазоконтролирующая система дислокаций Прикаспийской впадины: 1 – контур проявления соляной тектоники; 2 – сквозные линеаменты; 3 – системы РКД: I – Аралсорская, II – Центрально-Прикаспийская, III – Хобдинская; IV – Волго-Уральская, V – Бузулукская, VI – Колганская, VII – Иргизская, VIII – Саратовская, IX – Кенкиякская; X – Тенгизская; XI – Южно-Прикаспийская; 4 – месторождения углеводородов [Системы..., 1992]

Завершая краткий обзор взаимосвязи особых структурных форм земной коры и её фильтрационных свойств, что, вероятно, немаловажно для оптимизации процессов изучения и использования недр, приведу два независимых высказывания, которые можно считать сдвоенным эпиграфом к данной теме: «Двигаясь вперёд, наука не только создаёт новое, но и неизбежно переоценивает старое, пережитое» (В.И. Вернадский (1863–1945); «...мир вокруг нас изобилует всевозможными структурами: начиная с тех, которые мы встречаем в природе, и, заканчивая теми, что присущи разумной жизни; мы настолько привыкли к структурам, что

зачастую уже не осознаём, каким чудом является само их существование» (Герман Хакен) [Тайны..., 2003].

Поскольку учебных пособий по изучению особых структурных форм земной коры ещё нет, в последние годы данные об этих структурах постоянно сообщаются студентам нашей кафедры в ходе лекции «Дистанционные методы в геологии» в рамках курса «Введение в динамическую геологии»; во время Первой учебной геологической практики на территории Москвы [Полетаев, Агибалов, 2018]; 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. Ященко, А.Костромыкина, Е. Праслов, Н. Арешин, 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), А.О. Агибалов. В 2020 году ОСФ стали основой межфакультетского курса «Москва геологическая», слушателями которого были студенты факультета почвоведения, а также географического, филологического и механико-математического факультетов.

Благодарю Валентину Владимировну Бондарь — сотрудницу Института геоэкологии РАН имени Е.М. Сергеева за предоставленную карту «От истока Волги до Каспия» и кандидата геолого-минералогических наук Алексея Олеговича Агибалова (ИФЗ имени О.Ю. Шмидта РАН) за постоянную помощь и содействие.

Статья написана по результатам работ по кафедральной программе: «Новейшая геодинамика и её влияние на фильтрационные свойства геологической среды» (руководитель программы В.А. Зайцев). Работы по данной программе заканчиваются, но исследования ОСФ земной коры и их влияния на фильтрационные свойства геологической среды продолжаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агибалов А.О., Полетаев А.И., Гордеев Н.А. Балтийско-Ладожско-Онежско-Колгуевская линеаментная зона (БЛОК) — транзитная (межокеаническая) структура / Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания, посвящённого 100-летию академика Ю.М. Пушаровского. – М.: ГЕОС, 2017. С. 102 – 106.

Анохин В.М. Глобальная дизъюнктивная сеть земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб.: Недра, 2006, 162с.

Анохин В. М., Одесский И. А. Характеристика глобальной сети планетарной

трещиноватости // Геотектоника. 2001. № 5. С. 3–9.

Апродов В.А., Апродова А.А. Движения земной коры и геологическое прошлое Подмоскovie. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963, 268 с.

Архангельская В.В. Линеаментный метод регионального металлогенического анализа // Разведка и охрана недр, 2008, №2. С. 13–17.

Архангельский А.Д. Геологическое строение СССР. Западная часть. Выпуск 2. М.–Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1934.

Ассиновская Б.А., Овсов М.К. Сейсмотектоническая позиция Калининградского землетрясения 21 сентября 2004 года // Физика Земли. 2008. № 9. С. 32–43.

Башилов В. И. Линейные структуры / В Н.: Космогеология СССР. – М.: «Недра», 1987.С. 123–127.

Белашев Б.З., Болондинский В.К. Карельская берёза – загадочное дерево Севера / Система «Планета Земля». 200 лет со дня рождения Измаила Ивановича Срезневского. 100 лет со дня издания его словаря древнерусского языка. М.: ЛЕНАНД, 2012. С. 347 – 354.

Богацкий В.И., Галкина Л.В., Довжикова Е.Г. и др. Тимано-Печорский седиментационный бассейн. Атлас геологических карт (литолого-фациальных, структурных и палеогеологических). Редактор(ы):Богацкий В.И., Ларионова З.В. Ухта: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, 2002. 132 с.

Богословский В. А., Полетаев А.И., Шереметьева Е.В. Эффективность линеаментного анализа при изучении структуры земной коры / Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Материалы конференции, посвященной 104-й годовщине со дня рождения Г.П.Горшкова (1909 –1984). XV Горшковские чтения. М.: МГУ, 2013. С.6–13.

Бондарь В.В. Разработка содержания и оформления карты «От истока Волги до Каспия». М.: МИИГАиК, 2017.

Бондарь И.В. Структура земной коры Мытищинского района Подмоскovie (по наземным и дистанционным данным) / Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики // XV11 Горшковские чтения. Материалы конференции, посвященной 106-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909–1984). МГУ, 28 апреля 2015г. М.: МГУ, 2015. С.39–42.

Бондарь И.В. Скрытые тектонические нарушения Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (по данным линеаментного анализа) //

Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Материалы конференции, посвященной 108-й годовщине со дня рождения Г.П.Горшкова (1909 –1984). XV Горшковские чтения. М.: МГУ, 2017. С.47–55.

Буш В.А. Трансконтинентальные линеаменты и проблемы мобилизма // Геотектоника. 1983. № 4. С.14–25.

Буш В.А. Анализ Космогеологической карты СССР м-ба 1 : 2 500 000 / Космогеология СССР. М.: Недра, 1987. С. 28–80.

Варданянц Л.А. Сейсмоструктурная Кавказа. М.: АН ССР, 1935. 87с.

Вартанян Г.С. Геодинамические катастрофы и их прогноз (эндодренаж Земли, деформации, сейсмичность). М.: Геоинформмарк, 2015. 258с.

Волчанская И.К. Морфоструктурные и структурно-геоморфологические методы выявления сквозных рудоконцентрирующих и рудолокализирующих структур / Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1985. С. 325–335.

Гаврилов А.А. Актуальные вопросы теории и практики морфоструктурно-минерогенетических исследований // Руды и металлы. 2014. № 1. С. 9–22.

Гаврилов А.А. Сходство и различия структурной позиции алмазоносных районов Северо-Западного региона РФ и Северо-Восточного региона Китая / Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ. Материалы XLVIII Тектонического совещания. Т.1. М.:ГЕОС, 2016. С. 85–90.

Гласко М.П., Раницман Е.Я. О морфоструктурных узлах — местах активизации современных рельефообразующих процессов // Геоморфология, 1992. № 4. С.53–61.

Гласко М.П., Раницман Е.Я. Влияние современной блоковой структуры земной коры равнинных территорий на сохранность технических объектов // Изв. РАН. Сер. географ., 1995. № 2. С.76–80.

Гидрографическая схема москвы. URL: <http://radislav.metronet.ru/recki.htm>. Дата обращения: 8.06.2020.

Гипсометрическая схема Москвы.
URL: <http://www.etomesto.ru/map/base/77/relyef2009.jpg/>. Дата обращения: 8.06.2020.

Гончаров М.А. Не выраженные в рельефе природные линеаменты платформенного чехла как результат фильтрации высоконапорных флюидов вдоль пассивных разломов фундамента // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Материалы Всероссийского совещания «Современная геодинамика и сейсмичность Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты» (Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 20–23 сентября 2005 г.). Иркутск, 2005. Вып. 3. С. 23–25.

Горшков А.И. Распознавание мест сильных землетрясений в Альпийско-Гималайском поясе / гл. ред. В.И. Кейлис, отв. ред. А.А. Соловьев. М.: КРАСАНД, 2010. 472с.

Горшков Г.П. Дизъюнктивная тектоника Копетдага и закон скалывающих напряжений // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология, 1947, № 1. С. 103–115.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Карта дочетвертичных образований. Масштаб 1 : 1 000 000 (Балтийская серия). Лист Р–(35)–37 (Петрозаводск). СПб: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2014.

Гуфельд И.Л., Матвеева М.И. Барьерный эффект дегазации и деструкции земной коры // ДАН. 2011. Т. 438. № 2. С. 253–257.

Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений (к 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина). М.: ГЕОС, 2012. 516с.

Егоров И.В., Андреев С.И. Опыт применения линеamentного анализа при изучении особенностей размещения скоплений глубоководных сульфидных руд на участке «12° 58' с.ш.», Северо-Атлантический хребет // Геоморфология. 2005. №2. С. 17–25.

Езерская Т.А., Успенская Н.Д., Штутин И.М. и др. Карта аномального магнитного поля (ΔT). М – б 1 : 2 500 000. 2005.

Жирнов А.М. Ортогональные линеamentы и геоблоковая делимость Юго-Восточной Азии / Строение и эволюция Востока Азии: III Косыгинские чтения. Хабаровск, 2001. С. 25–31.

Жирнов А.М. Металлогения золота Дальнего Востока на линеamentно-плюмовой основе. Владивосток: Дальнаука, 2012. 248с.

Зыков Д.С., Колодяжный С.Ю., Балувев А.С. Горизонтальные неотектонические перемещения в районе Беломорья / Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики // Материалы XLI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2008. Т. 1. С. 340–344.

Зыков Д.С., Щукин Ю.К., Спунгин В.Г. и др. Возможные морфоструктурные проявления горизонтального расклинивания в земной коре (Северная Карелия) // Геоморфология. 2007. № 1. С. 64–71.

Иогансон Л.И. Ротационные факторы тектогенеза — история вопроса и современное состояние / Ротационные процессы в геологии и физике. М.: КомКнига, 2007. С. 495–512.

Караковский В.В. Результативность линеamentного анализа при изучении гидрогеоэкологических условий Красногорского района Подмосковья / Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Материалы конференции, посвященной 104-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 –1984). XV Горшковские чтения. М.: МГУ, 2013. С. 18–23.

Карпинский А.П. О правильности в очертаниях, распределении и строении континентов // Горный журнал. 1888. № 2. С. 252–269.

Карта морфоструктур центрального типа территории СССР. М-б 1 : 10 000 000. Составители: В.М. Рыжкова, В.В. Соловьёв. Ред. В.В. Соловьёв. 1975.

Карта полезных ископаемых России и сопредельных государств / под ред. К.Б. Ильина, В.Н. Полуэктова, В.М. Терентьева, А.Д. Щеглова. СПб., 1991.

Карта-схема четвертичных напряжений Востока Русской плиты и Южного Урала. Составили: М.Л. Копп, А.А. Колесниченко, А.И. Иоффе, А.О. Мостюков по данным дешифрирования морфоструктурных рисунков гидросети и водоразделов на топокартах и цифровых моделях рельефа. Отв. редакторы: Ю.Г. Леонов, М.Л. Копп. М.: ФГБУН ГИН РАН, 2014.

Карта уникальных месторождений полезных ископаемых России. М-б 1 : 10 000 000 / под ред. А.А. Смыслова. СПб., 1995.

Картографическое приложение к журналу «Лик», выпуск первый, 2001 г. Аномалии и чудеса Подмосковья. Геологические процессы: воздействие на природную среду и человека. Таинства, феномены, невероятное. Масштаб 1 : 400 000.

Каттерфельд Г.Н. Планетарная трещиноватость и линеаменты Земли, Венеры, Марса, Меркурия и Луны. СПб.: Изд-во Международного фонда истории науки, 2000. 204 с.

Кац Я.Г., Полетаев А.И. Линеаментная тектоника альпийского горно-складчатого обрамления Восточно-Европейской платформы //Изв. ВУЗов. Геол. и разведка. 1983. № 3. С. 3–13.

Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева З.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра. 1986. 144 с.

Копп М.Л. Мобилистическая неотектоника платформ Юго – Восточной Европы. М.: Наука, 2004. 340 с.

Копп М.Л. Кинематическая асимметрия как универсальная причина дугообразного изгиба структур горизонтального растяжения (на примере региональных и глобальных тектонических обстановок) // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ. Материалы XLVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2016. Т. 1. С. 256–263.

Копп М.Л. Дугообразные структуры растяжения в кинематическом анализе региональных и глобальных тектонических обстановок // Геотектоника. 2017. № 6. С. 18–36.

Копп М.Л. Дугообразные структуры растяжения в региональных и глобальных тектонических обстановках: опыт кинематического анализа. М.: ГЕОС, 2017а. 96 с.

Копп М. Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А. и др. Кайнозойские напряжения востока Русской плиты, Южного и Среднего Урала: методические, теоретические и прикладные аспекты / под ред. Ю.Г. Леонова, М.Л. Коппа. М., ГЕОС, 2014б. 88 с.

Копп М.Л. Тверитинова Т.Ю. Кинематика Жигулёвского новейшего разлома // Бюллетень МОИП. Отд. Геол. 1999. Т. 74. Вып. 5. С. 18–29.

Короновский Н.В. Линеаменты Большого Кавказа и Предкавказья по изображениям на космических снимках и их геологическое истолкование // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1984. № 6. С.7–18.

Корчуганова Н.И. Линейные структуры Японского моря // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1985. № 3. С. 104–106.

Космическая информация в геологии. М.: Наука. 1985. 536 с.

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.

Костюченко С.Л., Солодилов Л.Н. К геологическому строению Московии: глубинная структура и тектоника // Бюллетень МОИП. Отд. геол. 1997. Т. 72. Вып. 3. С. 6–17.

Котов Ф.С. Проявление новейших тектонических (субгляциальных) деформаций в пределах консолидированной коры Балтийского щита // Система «Планета Земля» («Нетрадиционные вопросы геологии») IX научный семинар 2–3 февраля 2001 г. М.: Гармония строения Земли и планет, 2001. С. 126–128.

Кочев Д.З., Полетаев А.И. Скрытые тектонические нарушения земной коры: природные факторы — опасные для устойчивого функционирования техногенных сооружений // XII Горшковские чтения. Материалы конференции, посвящённой 101-ой годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 – 1984). МГУ, 26 апреля 2010г. М.: МГУ, 2010. С. 10–16.

Кочнева Н.Т., Лобзова Р.В., Галдобина Л.П. Особенности строения и металлогении Онежской мульды // Известия высш. учебных заведений. Геология и разведка. 2004. № 2. С. 3–9.

Красный Л.И. Глобальная система геоблоков. М.: «Недра», 1984. 224 с.

Красный Л.И. О клиновидных структурах и граничных углах // Геотектоника. 1987. № 4. С. 3–18.

Энциклопедический справочник. Том «Тектоника и геодинамика» / ред. Л.И. Красный, О.В. Петров, Б.А. Блюман. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. 652 с.

Кузин А.М. Пространственно-фазовая локализация месторождений углеводородов и отображение конвергентности процессов флюидизации в земной коре по сейсмическим данным // Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений (к 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина). М.: ГЕОС, 2012. С. 286–311.

Кузин А.М. О флюидной составляющей процесса образования зон трещиноватости и разрывных нарушений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 5. С. 43–50.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Тектонические узлы Севера Русской плиты / Материалы XV Международной конференции: «Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы». Воронеж, 2010. Т. 1. С. 374–378.

Латеральные тектонические потоки в литосфере Земли / отв. редактор М.Г. Леонов. М.: ГЕОС, 2013. 318 с.

Леонов Ю.Г., Гущенко О.И., Копп М.Л. и др. Взаимосвязь позднекайнозойских напряжений и деформаций в Кавказском секторе альпийского пояса и в его северном платформенном обрамлении // Геотектоника. 2001. № 1. С. 36–59.

Леонов Ю.Г. Напряжения в литосфере и внутриплитная тектоника // Геотектоника. 1995. № 6. С. 3–21.

Леонов Ю.Г. Тектоническая подвижность коры платформ на разных глубинных уровнях // Геотектоника. 1997. № 4. С. 24–41.

Летников Ф.А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43. № 4. С. 291–307.

Летников Ф.А., Дорогокупец П.И. К вопросу о роли суперглубинных флюидных систем земного ядра в эндогенных геологических процессах // ДАН. 2001. Т. 378. № 4. С. 535–537.

Ломакин И.Э. Линеаменты дна Индийского океана // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. № 1. С. 5–14.

Ломоносов М.В. О слоях земных и другие работы по геологии / С предисловием и пояснениями проф. Г.Г. Леммлейна. М.–Л.: Госгеолиздат, 1949. 212 с.

Лопатин Д.В. Линеаментная тектоника и месторождения-гиганты Северной Евразии // Исслед. Земли из космоса. 2002. №2. С. 77–90.

Лубнина Н.В. История развития ордовикских комплексов Полярного Урала по палеомагнитным данным / Автореф. Дисс. ...канд. геол.-минер. Наук. М.:1998. 24 с.

Лубнина Н.В., Богданова С.В. Восточно-Европейский кратон в мезопротерозое: палеомагнитные свидетельства ротации и сопряжённого рифтогенеза // Фундаментальные

проблемы геотектоники. Материалы XL Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2007. Т. 1. С. 404–407.

Макаров В.И. Предварительная карта линеаментов территории СССР // Изв. ВУЗов. Геол.и разведка. 1978. № 10. С.30–34.

Макаров В.И., Бабак В.И., Дорожко А.Л. и др. 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.

Макаров В.И., Соловьёва Л.И. Перекрестный структурный план земной коры и проблема проявления её глубинных элементов на поверхности (на примере Тянь-Шаня и Туранской плиты) // Исслед. Природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. М.: ВИНТИ, 1976. Т. 5. С. 18–42.

Макаров В. И., Щукин Ю. К. Оценка активности скрытых разломов // Геотектоника. 1979. № 1. С. 96–109.

Маракушев А.А., Маракушев С.А. Эндогенные углеводороды и органические вещества на Земле и космических объектах // Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений. 2012. С. 52-78.

Мельников О.А. Ротационный режим Земли — отправной пункт и основа численного и физического моделирования любых геологических процессов // Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. Материалы XXXVI Тектонического совещания. М.:ГЕОС, 2003. Т. 2. С. 40–44.

Мещерякова О.А. Кольцевые структуры земной коры (на примере Восточно-Европейской платформы) //Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. XIX Горшковские чтения. Мат-лы конференции, посвящённой 108-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 – 1984). МГУ, 28 апреля 2017 г. М.: МГУ, 2017. С. 43–46.

Мещерякова О.А., Полетаев А.И. Геология и геофизика кольцевых структур // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Материалы L Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2018. Т. 2. С. 11–14.

Мирошниченко В. П., Березкина Л. И., Леонтьев Е. В. Планетарная трещиноватость осадочного чехла литосферы (по материалам аэрокосмических съёмок». Л.: Недра, 1984. 216 с.

Моссаковский А.А., Руженцев С.В., Меланхолина Е.Н. Главнейшая структурная асимметрия Земли // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 285–314.

Мукосей Е.В. Скрытые тектонические нарушения Московского региона (по данным линеаментного анализа) // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики // XII Горшковские чтения. Материалы конференции, посвящённой 101-ой годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 – 1984). МГУ, 26 апреля 2010 г. М.: МГУ, 2010. С. 7–10.

Мушкетов И.В., Мушкетов Д.И. Физическая геология. Л.-М.: ОНТИ – НКТП СССР, 1935. 908 с.

Николаев Н.И. Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 392 с.

Объяснительная записка к «Космотектонической карте Восточно – Европейской платформы и ее обрамления». М-б 1:2 500 000 / ред. В.Е. Хаин. М.: Минвуз СССР, Мингео СССР, 1986. 72 с.

Онежская палеопротерозойская структура. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2011.

Оренбургский тектонический узел: геологическое строение и нефтегазоносность / под ред. Ю.А. Воложа, В.С. Парасыны. М.: Научный мир, 2013. 264 с.

Орленок В. В. Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 года // Вестник РГУ им. И. Канта. 2006. Вып. 1. Естественные науки. С. 6–11.

Орлов В.И. Об особенностях распространения некоторых форм рельефа в пределах Западно-Сибирской низменности // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1959. № 6. С. 107–111.

Панина Л.В., Зайцев В.А., Полетаев А.И., и др. Чашниковская впадина и её обрамление (геология, геоморфология, структурные особенности и современные геологические процессы): Методическое руководство по проведению «Геолого-геоморфологической практики студентов 1 курса факультета почвоведения МГУ имени Ломоносова». М.: МАКС Пресс, 2017. 162 с.

Пермяков Е.Н. Тектоническая трещиноватость Русской платформы. М.: МОИП, Новая серия. 1949. Вып. 12 (16). 215 с.

Перцов А.В., Антипов В.С., Гальперов Г.В. и др. Линеаментная сеть, контролирующая размещение суперкрупных месторождений России // ДАН. 2002. Т. 383. № 1. С. 87–89.

Петров О.В. Диссипативные структуры Земли как проявление фундаментальных свойств материи. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. 302 с.

Полетаев А.И. Узловые структуры земной коры. М.: Геоинформмарк 1992. 58 с.

Полетаев А.И. Линеаментная делимость земной коры. М.: Геоинформмарк, 1994. 48 с.

Полетаев А.И. Линеаментная тектоника земной коры — структурно-информационная основа карт новейшей геодинамики // Геология. Университеты России. М.: МГУ. 1994а. С. 181–185.

Полетаев А.И. Линеаментная геодинамика Русской платформы // Ломоносовские чтения. М.: МГУ, 1996. С. 49–50.

Полетаев А.И. Сдвиговый пояс Лавразии и его геодинамическое значение // Тектоника Азии. Программа и тезисы совещания. М.: ГЕОС, 1997. С.170–173.

Полетаев А.И. Мультилинеаментная структура Русской платформы // Нетрадиционные вопросы геологии. VI научн. семинар. М., 1998. С. 9.

Полетаев А.И. Дальнодействующие структуры Земли // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Первые Горшковские чтения. МГУ, 26 апреля 1999. М.: МГУ, 1999. С.18–19.

Полетаев А.И. Суперпозиция Русской платформы и некоторые особенности её структурной эволюции // Система планета Земля. Материалы научных семинаров: «Нетрадиционные вопросы геологии». М., 1999а. С.150–161.

Полетаев А.И. Сдвигово-ротационная модель структурной эволюции Русской платформы. М.: Геоинформмарк, 2000. 44 с.

Полетаев А.И. Сдвигово-ротационная мотивация структурной эволюции Земли // Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2002. С.104–107.

Полетаев А. И. Проблема ротогенеза в докладах и материалах XXXV Тектонического совещания // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Четвёртые Горшковские чтения // Материалы конференции (МГУ, 26 апреля 2002г.). М.: МГУ, 2002. С. 22–27.

Полетаев А.И. Ротационная тектоника земной коры./ Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых // Материалы XXXV111 Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Т.2. С. 97–100.

Полетаев А.И. Ротационная тектоника или тектоническое вращение? / Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики // Восьмые Горшковские чтения. Материалы конференции. М.: МГУ, 2006. С.32–38.

Полетаев А.И. Орбитальное обращение, ротация и тектоническое вращение — основные источники структурирования Земли и планет земной группы / Фундаментальные проблемы геотектоники // Материалы XL Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2007. Т. 2. С. 102 – 107.

Полетаев А.И. Иерархичность и соподчиненность вращательных процессов Космоса и Земли — базовые факторы современных геодинамических процессов /Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики // Материалы XLI Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2008. Т. 2. С. 115–120.

Полетаев А.И. Ротационный фактор развития Земли (в докладах и материалах XLI Тектонического совещания, 29.01–02.02.08) // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Десятые Горшковские чтения. М.: МГУ, 2008. С. 37–41.

Полетаев А.И. Ротационная тектоника земной коры – 24 час.; 10 семестр // Одиннадцатые Горшковские чтения. М.: ЛЕНАНД, 2009. С. 73–77.

Полетаев А.И. О понимании роли и значения ротационного фактора в образовании и развитии Земли: факты, дискуссии, выводы. М.: ЛИБРОКОМ, 2011. 200 с.

Полетаев А.И. Вклад учёных Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в изучение роли ротационного фактора в тектонике Земли. М.: ЛИБРОКОМ, 2011а. 72 с.

Полетаев А.И. Транзитивные (переходные) структуры земной коры // Международная конференция, посвящённая памяти Виктора Ефимович Хаина. М.: МГУ, 2011. С. 1473–1476.

Полетаев А. И. Скрытые структуры земной коры — генераторы природных и техногенных катастроф // Экологический вестник. 2011в. № 11. С. 41–48.

Полетаев А.И. «Особые» структурные формы геологического пространства // Геологическая среда, минерагенические и сейсмотектонические процессы. Воронеж, Научная книга, 2012. С. 274–279.

Полетаев А.И. Схема современных вращательных движений блоков земной коры Восточного полушария Земли // XV Горшковские чтения. Материалы конференции, посвященной 104-й годовщине со дня рождения Г.П.Горшкова (1909 –1984) / под ред. Н.В. Короновского. М.: МГУ, 2013. С. 24–25.

Полетаев А.И. Технологические возможности линеаментного анализа при выявлении скрытых тектонических нарушений // Геотехника. 2014. № 3. С. 16–22.

Полетаев А.И. Клиновидная тектоника Земли // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики/ XV11 Горшковские чтения. Материалы конференции, посвящённой 106-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 – 1984). МГУ, 28 апреля 2015г. М.: МГУ, 2015. С. 30 – 33.

Полетаев А.И. Неотектоника и особые структурные формы земной коры // Структурно-геоморфологические исследования для решения задач неотектоники

геодинамики. Материалы конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения Н.П. Костенко (1915 – 2015). М.: МАКС Пресс, 2015а. С. 47–50.

Полетаев А.И. Клиновидная тектоника Земли / Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ // Материалы XLVIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2016. Т. 2. С. 79–83.

Полетаев А.И. Клиновидные и дуговые структуры Земли: морфология и генезис; сходство и различия // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики/ XVIII Горшковские чтения. Материалы конференции, посвящённой 107-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 – 1984). М.: МГУ, 2016а. С. 12–23.

Полетаев А.И. Трещиноватость коренных пород и линеаменты южного крыла Московской синеклизы (в т.н. «Река Зуша») // Труды всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы динамической геологии при исследовании платформенных областей». М.: Перо, 2016б. С. 121–124.

Полетаев А.И. Клиновидные структуры земной коры // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. 2016в. Т. 91. № 4–5. С. 40–50.

Полетаев А.И. Важнейшие рубежи в изучении и понимании структуры земной коры // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики // XVIII Горшковские чтения. Материалы конференции, посвящённой 108-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 – 1984). МГУ, 28 апреля 2017 г. М.: МГУ, 2017. С. 17–33.

Полетаев А.И. Скрытые тектонические нарушения Северного Ледовитого океана (по данным линеаментного анализа) // Тектоника современных и древних океанов и их окраин. Материалы XLIX Тектонического совещания, посвящённого 100-летию академика Ю.М. Пушаровского. М.: ГЕОС, 2017. Т. II. С. 78–81.

Полетаев А.И. Особенности глубинного строения Арктики (по данным линеаментного анализа) // География арктических регионов. СПб.: Старый город, 2017б. С. 45–49.

Полетаев А.И. Особые структурные формы земной коры и современные динамические условия Российского сектора Евразии // Материалы всероссийской научной конференции «Прикладные аспекты динамической геологии», посвящённой 110 годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909 – 1984). М.: Перо, 2019. С. 242–257.

Полетаев А.И. Линеаменты: споры, неточности и ошибки при выделении и изучении этих особых структурных форм // Динамическая геология. 2019. № 3. С. 39–69.

Полетаев А.И. Особые структурные формы (ОСФ) (линейные, клиновидные, узловые, кольцевые и ротационные). Статья первая. Линейные (линеаменты) и клиновидные

структурные формы и их влияние на фильтрационные свойства геологической среды Восточно-Европейской платформы // Динамическая геология. 2020. № 1. С. 48–78.

Полетаев А.И. Особые структурные формы (ОСФ) земной коры. Статья вторая: Ротационные структурные формы и их влияние на фильтрационные свойства геологической среды Восточно-Европейской платформы // Динамическая геология. 2020а. № 2. С. 107–124.

Полетаев А.И. Тектоническая «рама» Российского сектора Евразии и её возможная геодинамическая природа // Структура, вещественный состав, свойства, современная геодинамика и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. Материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической Щукинской конференции. Воронеж, 22–25 сентября 2020г. С. 269–274.

Полетаев А.И. Особые структурные формы (ОСФ) Московского региона / Ломоносовские чтения. М.: МГУ, 2020в.

Полетаев А. И., Авдонин А. В., Котов Ф. С. Девиантные структуры – как индикаторы ротационных движений земной коры // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики. Первые Горшковские чтения. М.: МГУ, 1999. С. 19–21.

Полетаев А.И., Агibalов А.О. Балтийско-Ладожско-Онежско-Колгуевская (Приарктическая) линеаментная зона и её проявление на планетарном, региональном и локальном уровнях // География арктических регионов. СПб.: Старый город, 2017. С. 42–45.

Полетаев А.И., Агibalов А.О. Дневник-путеводитель по Первой учебной геологической практике на территории Москвы. М.: СТ ПРИНТ, 2018. 68 с.

Полетаев А.И., Агibalов А.О. Гордеев Н.А. Балтийско-Ладожско-Онежско-Колгуевская зона как показательный пример поиска, выделения и обоснования скрытых тектонических нарушений земной коры /Бюллетень МОИП. Отдел геологический. 2016. Т. 91. № 4–5. С. 90–96.

Полетаев А.И., Каграманов Ю.Р., Караханян А.С. и др. Роль линеаментной тектоники в структурно-информационном прогнозировании газонефтяных месторождений в Малокавказском регионе // Известия ВУЗов. Геол. и разведка. 1992. № 1. С. 16–22.

Полетаев А.И., Кац Я.Г., Румянцева Э.Ф. и др. Природа линеаментов и их роль в современной геодинамике (на примере сочленения платформ Евразии и Гондваны) // Тезисы 27-го Междунар. Геол. Конгресса. М.: 1984. Т. VIII. С. 244–245.

Полетаев А.И., Кузин А.М. Узловые структуры и флюидопроницаемость земной коры // Глубинное строение, минералогия, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Воронеж: Научная книга, 2016. С. 485–488.

Расцветаев Л.М. Закономерный структурный рисунок земной поверхности и его динамическая интерпретация // Проблемы глобальной корреляции геологических явлений. М.: Наука, 1980. С. 145–195.

Расцветаев Л.М. Глобальные сдвиги и зоны скалывания планетных тел // Роль сдвиговой тектоники в структуре литосфер Земли и планет земной группы. СПб.: Наука, 1997. С. 547–559.

Ротационные процессы в геологии и физике. М.: КомКнига, 2007. 525 с.

Ружич В.В. Разломные узлы, их механизм и роль в становлении напряженного состояния земной коры Байкальской рифтовой зоны // Математические и экспериментальные методы в дизъюнктивной тектонике. М.: Наука, 1986. 120 с.

Светов А.П., Свириденко Л.П. Центры эндогенной магматической активности и рудообразования Фенноскандинавского щита (Карельский регион). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 357 с.

Семихатов Б.Н. Геологические экскурсии в окрестностях Москвы. М.: УЧПЕДГИЗ, 1955. 89 с.

Сенин Б.В. Планетарные линейные объекты и их иерархия по геолого-геоморфологическим, гравиметрическим и космосъемочным данным высоких уровней генерализации / Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1985. С. 276–287.

Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Громцев К.В. Дистанционная оценка алмазоносного потенциала северо-западного региона России // Отечественная геология. 2009. № 1. С. 48–52.

Сидоров А.А., Волков А.В., Глотов В.Е. О связях рудоконтролирующих разломов с послемеловыми осадочным бассейнами и проявлениями углеводородов // ДАН. 2009. Т. 429. № 3. С. 374–377.

Скворцов А.И. Краткий анализ связи географии городов с тектоникой на Русской платформе // Сборник трудов ВНИИ системных исследований. 1991. № 3. С. 30–35.

Соколов Б.А. Особенности строения и нефтегазоносности Степного Крыма по анализу космоснимков // Изв. ВУЗов. Геол. и разведка. 1981. № 3. С. 127–129.

Суворов А.И. История мобилизма в геотектонике. М.: Наука, 1994. 224 с.

Тихомиров В.В. Опыт анализа развития отдельной отрасли знания (геотектоника) // 27-й МГК. Тезисы. М.: 1984. С. 470–471.

Трифонов В. Г. Неотектоника Евразии. М.: Научный мир, 1999. 252 с.

Удоротин В.В., Магомедова А.Ш., Езимова Ю.А. Радоновая активность разломов Кировско-Кажимской зоны сейсмической интенсивности // Активные разломы и их значение

для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы. Воронеж: Научная книга, 2014. С. 412–415.

Федынский В.В., Соколов Б.А., Страхова Н.А. и др. Среднерусский авлакоген — древний аналог современных рифтовых образований // Советская геология. 1975. № 1. С. 129–134.

Хаин В.Е. Главные противоречия современной геотектоники и геодинамики и возможные пути их преодоления // Фундаментальные проблемы геотектоники. Материалы XL Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2007. Т. 2. С.324–329.

Хаин В.Е., Полетаев А.И. Ротационная тектоника Земли // Наука в России. 2007. № 6. С. 14–21.

Хаин В.Е., Рябухин А.Г. История и методология геологических наук. М.: МГУ, 2004. 320с.

Чамов Н.П., Костылева В.В. Строение и механизм формирования Среднерусского авлакогена // Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2002. С. 294–298.

Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г., Минеев А.Л. Современная дегазация разломов Севера Русской плиты //Активные разломы и их значение для оценки сейсмической опасности: современное состояние проблемы. Воронеж, Научная книга. 2014. С. 440–445.

Штенгелов Е.С. О веерообразности современного раздвижения земной коры и о природе зон Бенъофа / Докл. АН СССР. 1978. Т. 240. № 4. С. 922–925.

Щукин Ю. К. Геофизические исследования в сейсмоопасных зонах СССР / Основные проблемы сейсмотектоники. М.: Наука, 1986. С. 10–24.

Щукин Ю.К., Краснопевцева Г.В., Фирсова Д. Б. и др. Исследование земной коры и верхней мантии сейсмоопасных зон территории СССР. М.: Наука, 1984. 200 с.

Юдахин Ф. Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УРО РАН, 2003. 300 с.

Эринчек Ю.М., Мильштейн Е.Д. Системы разломов Восточно-Европейской платформы // Материалы XXXVI Тектонического совещания: «Тектоника и геодинамика континентальной литосферы» М.: ГЕОС, 2003. Т. 2. С. 318–322.

Hobbs W.N. Lineaments of the Atlantic border region // Bull. Geol. Soc. Amer. 1904. Vol. 15. P. 483–506.

Khain V., Poletaev A. Earth's rotation tectonics // Science in Russia. 2007. No. 6. P. 14–21.

УДК 551.1/.4

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

А.А. Сенцов

Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

Восточно-Европейская платформа традиционно рассматривается как территория, характеризующаяся относительно низкой сейсмической активностью. Однако ряд сейсмических событий, произошедших в пределах платформы, такие как Сысольское землетрясение 1939 г. ($M \sim 4.5$) [Землетрясения..., 2007], Калининградское землетрясение 2004 г с $M=4,8 \pm 0.3$ [Рогожин и др., 2010а-б] и Шалкарское 2006г. ($M_w=4,8 \pm 0.3$) [Михайлова, Великанов, 2008] говорят о том, что проблема исследования сейсмичности платформенных областей остается актуальной. Новые данные о сейсмичности ВЕП стали учитываться на картах ОСР-2016, на которых выделены области с $M_{\max}$, достигающей $6,5 \pm 0,2$ [Общее..., 2016]. Обобщая данные по сейсмичности [Сейсмологический..., 2020а-в; Землетрясения..., 2007; Сейсмотектоника..., 2009] можно заметить, что наибольшая сейсмичность характерна для Балтийского щита, Балтийской синеклизы, Воронежской и Волго-Уральской антеклиз (рис. 1).

Конечно, наличие в сейсмических каталогах низкомагнитудных землетрясений в центральной части платформы обусловлено локальными сейсмическими станциями, такими как Воронежская региональная сеть. Такие сети позволяют регистрировать низкомагнитудные события в пределах полигонов, на которых они установлены, но также улавливать некоторые отдаленные события, что можно заметить на рис. 1 в пределах Московской синеклизы.

На основании вышеназванных сейсмических каталогов нами был составлен сводный сейсмический каталог, берущий своё начало с 1798 года. Отметим, что территория Скандинавского п-ова рассматривается нами как единый блок ввиду его новейшей активности как единой структуры без деления на каледониды и щит. На основании этого каталога были составлены графики повторяемости землетрясений на 4 ранее названных территории (рис. 2). Для каждого уравнения регрессии была проведена проверка на качество регрессивной модели критерием Фишера и статистической значимости критерием Стьюдента (таблица).

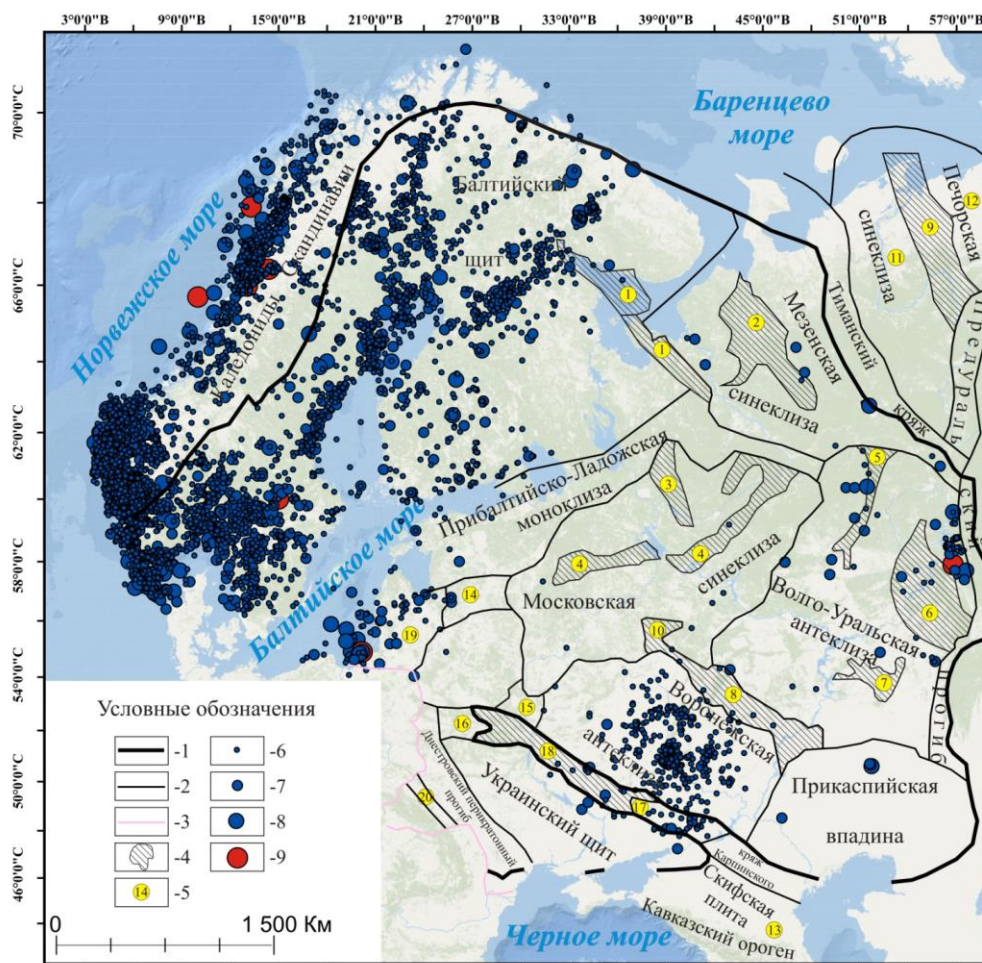


Рис. 1 Сейсмичность Восточно-Европейской платформы, по [Сейсмологический..., 2020а-в; Землетрясения..., 2007; Сейсмотектоника..., 2009]) на схеме тектонического районирования, по [Карта..., 2000; Юдахин, 2003; Карта..., 2005] с изменениями: 1 – граница Восточно-Европейской платформы, 2 – границы основных структур, основных структур, 3 – западная граница СССР, 4 – авлакогены, 5 – названия структур, не подписанных на схеме: авлакогены: (1 – Беломорский, 2 – Лешуконский, 3 – Вожже-Лачский, 4 – Среднерусский, 5 – Кажимский, 6 – Калтасинский, 7 – Серноводско-Абдулинский, 8 – Пачелмский, 9 – Печоро-Колвинский, 10 – Московский грабен, 18 – Припятско-Донской), 11 – Ижма-Печорская впадина, 12 – Хорейверская впадина, 13 – Предкавказский краевой прогиб, 14-16 – седловины (14 – Латвийская, 15 – Жлобинская, 16 – Полесская), 17 – Донбасс, 19 – Балтийская синеклиза, 20 – Предкарпатский прогиб; 6-9 – эпицентры землетрясений с магнитудой: 6 – ≤ 3 , 7 – $3 < M \leq 4$, 8 – $4 < M \leq 5$, 9 – $M > 5$

Территория	Уравнение регрессии	R_c	R^2	F	t	$F_{\text{крит}}$	$t_{\text{крит}}$
Фенноскандия	$Lg(\frac{N}{T}) = -0,815(\pm 0,033)M + 3,335(\pm 0,13)$	0,992	0,984	580,13	18,31	5,11	1,3
Балтийская синеклиза	$Lg(\frac{N}{T}) = -0,66(\pm 0,1)M + 1,53(\pm 0,36)$	0,946	0,89	43,43	6,59	6,6	2,57
Воронежская антеклиза	$Lg(\frac{N}{T}) = -1,08(\pm 0,09)M + 2,44(\pm 0,19)$	0,989	0,97	135,6	3,19	10,12	3,18
Волго-Уральская антеклиза	$Lg(\frac{N}{T}) = -0,60(\pm 0,07)M + 0,91(\pm 0,26)$	0,953	0,9	69,85	5,43	5,59	2,36

Таблица. Проверка значимости уравнений регрессии, описывающих повторяемость землетрясений одних из наиболее активных элементов Восточно-Европейской платформы: R_c – коэффициент корреляции Пирсона, R^2 – коэффициент детерминации, F и t – значение критериев Фишера и Стьюдента, $F_{\text{крит}}$ и $t_{\text{крит}}$ – критические значения

На представленном графике видно (см. рис. 2), что землетрясения с $M=4,5$ «выбиваются» из общего тренда землетрясений. Землетрясение такой магнитуды было зарегистрировано одно, случившееся в 1939 г. Вероятнее всего, оно является уникальным, и повторяемость подобных событий не может быть описана приведенной выше регрессионной моделью и требует специального подхода к своему изучению.

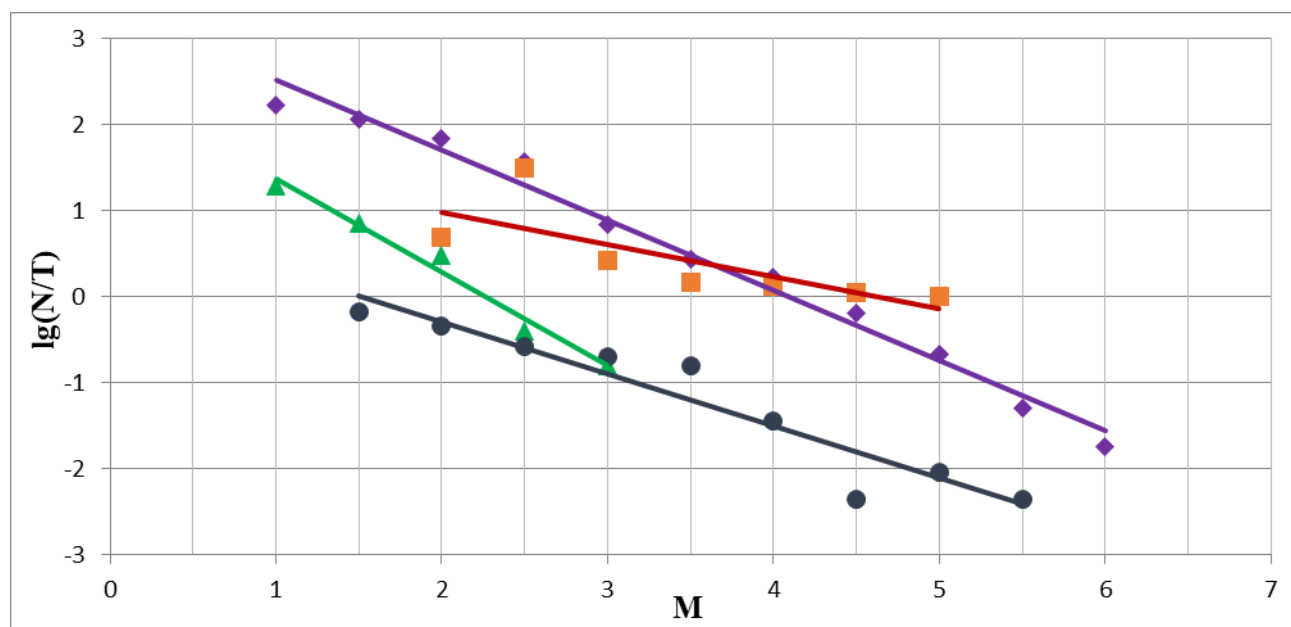


Рис. 2. Графики повторяемости землетрясений для Фенноскандии (фиолетовый), Балтийской синеклизы (красный), Воронежской антеклизы (зеленый) и Волго-Уральской антеклизы (синий)

Анализ представленных графиков позволяет сделать следующие выводы: 1) Фенноскандия является наиболее сейсмоактивной частью Восточно-Европейской платформы; 2) Выполяживание графика Балтийской синеклизы в области относительно высоких магнитуд говорит о более редкой повторяемости этих событий, в то время как низкомagnitude события могут «загружать» эту зависимость; 3) для территории Воронежской антеклизы характерна большая сейсмическая активность низкомagnitude событий чем для Балтийской синеклизы, что может быть частично обусловлено наличием на этой территории локальной сейсмической сети.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания ИФЗ имени О.Ю. Шмидта РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловчинко, Ю.К. Щукина. Кн.1 Землетрясения. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 381 с.

Карта тектонического районирования России и прилегающих акваторий масштаб 1: 2 500 000/ под. ред. АФ. Морозова, О.В. Петрова, С.И. Стрельникова. МПР России, Роснедра, 2005.

Михайлова Н.Н., Великанов А.Е. Шалкарское землетрясение 26 апреля 2008 г. с $K_p=11,1$, $M_w=5,1$, $I_0=7$ (Западный Казахстан) / отв. ред. О.Е. Старовойт. Обнинск: ГС РАН. 2014. С. 304–312.

Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации. Пояснительная записка к комплекту карт ОСР–2016 и список насел. пунктов, расположенных в сейсмоактивных зонах // Инженерные изыскания. 2016. № 7. С. 49–121.

Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Горбатилов А.В. и др. Оценка сейсмической опасности г. Калининград в детальном масштабе // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2014. № 4. С. 19–27.

Рогожин Е.А. Сеймотектоническая позиция очагов Калининградских землетрясений 21 сентября 2004 года с $M_w = 4.6$ и 4.8 , $I_0 = 6$ и $6-7$ (запад России) // Землетрясения Северной Евразии в 2004 году / под ред. О.В. Старовойт. Обнинск: ГС РАН, 2010а. С. 364–369.

Сейсмологический каталог Американской геологической службы. URL: <https://earthquake.usgs.gov/> (дата обращения 1.12.2019а).

Сейсмологический каталог единой геофизической службы РАН. URL: <http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/new/catalog.pl> (дата обращения 1.12.2019б).

Сейсмологический каталог Хельсинского университета. URL:
<http://www.seismo.helsinki.fi/english> (дата обращения 1.12.2019в).

Сейсмотектоника плит древних платформ в области четвертичного оледенения. М.: Книга и Бизнес, 2009. 288 с.

Схема тектонического районирования России. Масштаб: 1:5000000. Гл. ред. А.Ф. Морозов М.: ИМГРЭ, ГЕОКАРТ, 2001

Юдахин Ф.Н, Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 299 с.

ЛИТЕРАТУРНАЯ СТРАНИЧКА КАФЕДРЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ



Михаил Георгиевич ЛЕОНОВ (справа)

участвует в вечере «Геопоззия-XXI век», который состоялся 2 апреля 2014 года в читальном зале геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

*Слева от него — проректор МВТУ КОРШУНОВ Сергей Валерьевич,
Надежда Николаевна МОРОЗОВА, Анатолий Иванович ПОЛЕТАЕВ*

Михаил Георгиевич Леонов — известный российский учёный-геолог, лауреат премии имени Н. С. Шатского (1997). Родился 11 августа 1938 года в Москве в семье геолога, будущего профессора Геологического факультета МГУ Георгия Павловича Леонова (1908–1983). Учился в геошколе при МГУ, затем 4 года служил на Северном флоте в рядах ВМФ СССР. В 1962–1967 годах учился на Геологическом факультете МГУ. С 1967 года работает в Геологическом институте АН СССР/РАН. Исследовал геологию флиша, меланжи и олистостромы на Кавказе. Участвовал в высокогорных экспедициях на Тянь-Шане и Памире, в результате которых сформулировал ряд фундаментальных положений и создал новое научное направление в изучении тектоники и геодинамики консолидированной коры различных геоструктур. В 1995 году организовал и возглавил, в Геологическом институте

РАН, Лабораторию Тектоники консолидированной коры. В 2005–2010 годах был директором ГИН РАН.

Но не зря же говорят, что талантливый человек – талантлив во всём...Михаил Георгиевич пишет интересные рассказы и стихи. В этом итатели нашего журнала могут убедиться немедленно.

КРАТКИЙ ТОЛКОВЫЙ СЛОВАРЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ

(пособие к курсу «Общая геология», годится для людей любого возраста и статуса)

Сочинение М.Г. Леонова

(А)

Авлакоген

На платформе он возник,
«Бороздой рождённый»,
Жил в рифее, после сник,
Складкой побеждённый.

Антиклиналь

Это складка-подхалим:
Два крыла, а горб один.
Если давят, тут же гнётся –
Внешним силам поддаётся.

(Б)

Бордерленд

Меж горами и долиной
Ряд холмов цепочкой длинной.
Это важный элемент –
Он зовётся бордерленд.

(В)

Вулкан

Меж горами – индивид!
Он прыща имеет вид,
И когда сей прыщ гноится,
Вся земля вокруг дымится.

(Г)

Грабен —

То канава. По краям
Плоскости разломные.
На могилу он похож,
Только на огромную.

(Д)

Деформация пластическая

По улицам ходила
Большая крокодила,
Но замешкалась чуток
И попала под каток
По своей оплошности...
Так толстушка в миг один
Стала плоской, словно блин,
Без разрыва сплошности.
Эта трансформация
Зовётся деформация.

(Е) (Ё)

Ни на «ё» и ни на «е»
Слов не сыщешь на Земле,
Нет таких и в море —
Тектонистам горе!

(Ж)

Жила

Извивается как червь
Недр земных горячий нерв.

(З)

Земля

Она, румяна и кругла,
Из сфер составлена была.
Ядро, две мантии – кора,
Промеж – астеносфера,
Вода и лёд, а наверху
Земная атмосфера.

Землетрясение

Сила с силой в недрах спорят,
Кто бойчей и круче.
В результате возникает
Напряжений куча.
Как теперь им примириться,
Где найти спасение?
Только если разрядиться –
Вот – землетрясение!

(И)

Интрузия

Из подземных недр расплав
Прёт в земную кору
И, слои её продрав,
Застывает скоро.
Так рождается, друзья,
Новая интрузия.

Ихор

Элементов стройный хор,
Называемый «ихор»,
Влезть в породу норовит,
Чтоб случился в ней гранит.

(К)

Клипп

Он стоит как монумент –
Памятник природный.
Для рельефа он предмет
Очень инородный.

(Л)

Линеамент

Длинный, тонкий, с неба видно.
Есть иль нет – не очевидно!
На сегодняшний момент
Он не познанный объект.

(М)

Магма

Кровь Земли.
Течёт рекой
Из подземных трещин.
Как захлещет – Ой-ой-ой!
Нет страшнее вещи!

(Н)

Надвиг

Друг на друга лезут горы,
Как колода кучатся.
В результате, вот умора,
Надвиги получатся.

(О)

Олистостром

Всяк, кто с природой немножко на «ты»,
Знает, что «строма» — это пласты.
Если же пласт оползёт, раздробится,

В олистостром тут же он превратится.
Матрикс есть и есть включенья —
Хаос всё, без исключения!

(П)

Платформа

Тихая, неброская,
Как тарелка, плоская.
Но и фишка есть своя —
Углеводородная.

(Р)

Разлом

Вот возьму я в руки лом,
По асфальту тресну.
Враз получится разлом.
Правда, интересно?

(С)

Сель

Мчится с гор ужасный сель...
Этот каменный кисель
Все ломает на пути —
Не проехать, не пройти.
Страшен и бездушен сель:
Все разрушить — его цель.

Синклиналь

Эта складка, словно ковш:
Хош черпаешь, хочешь — льёшь.
Антипод антиклинали —
Вы о ней на «А» читали.

Складка

Если скатерть надавить
Ровную и гладкую,
То согнётся ткани нить
Складкою за складкою.
Благо, есть у ней шарнир:
Есть где изогнуться.
Так устроен этот мир:
И породы гнутся...

Стресс

Стресс – одностороннее
Давленье постороннее...

Сутура

Если пара континентов,
Наподобье диких туров,
Вдруг решит столкнуться лбами,
Между ними непременно
Образуются сутура –
Можете проверить сами.
И в сутуре той сквозит
У... - смотри «ультрабазит»...

(Т)

Тектоника

Это, брат такая штука –
О земной коре наука,
О природе твёрдых сфер,
Их структуре, например.

Тетис, океан

Тетис – жена и сестра Посейдона
И, как «океан», рода мужеского.

Ох, не проста эта римская донна
В инцесте своего замужества.

(У)

Ультрабазит

Всяк геолог егозит,
Чтоб найти ультрабазит.
В нём и никель есть, и хром...
Информация при том
С аспектом историческим:
Камень этот раньше был
Дном океаническим.

(Ф)

Фаза тектоническая

Все движенья раз за разом —
Это всем известно —
Проявляются как «фазы»:
Враз и повсеместно.
И тогда держись, Земля,
И держись стоически,
Не разбиться чтобы зря
От фазы тектонической.

Флексура

Сверху ровно, снизу тоже
В середине склон. Похоже!
И поймёт любая дура,
Что за зверь такой — «флексура».

Фундамент

Этот жёсткий монолит
Из гранита состоит.
На существенней процент

Он слагает континент.

(X)

Хребет горный

Цепочка гор, с боков долины.

На суше может быть, на море.

Он не широк, но очень длинный.

Ходить в горах – сплошное горе.

(Ц)

Цепь горная (см. хребет горный).

(Ч)

Чешуи тектонические

Словно рыба чешуя,

Ломтики породные

Друг на друге залегают –

Часто разнородные.

(Щ)

Щит

Щит – земной коры «овал»

На платформе древней.

Он давно туда попал,

Кажется, в докембрии...

Намотай себе на ус:

«Щит» придумал мудрый Зюсс.

(Б) (Ъ)

Очень *мягкие* осадки

В море образуются,

В *твердый* камень опосля

Все преобразуются.

(Э)

Этаж структурный

См. «Ярус структурный»

Эвгеосинклиналь («совершенная» синклиналь)

В прошлом веке — эталон

Совершенства полного.

Позабыт сегодня он —

То беда огромная!

Энтропия

Если в доме и квартире

Беспорядок выше меры,

Это значит с энтропией

Всё в порядке, кавалеры.

Если ж в комнате порядок,

Светят лампочки лучисто,

Значит дело с энтропией

Здесь давно уже нечисто.

Потому что эта штука —

«Мера хаоса в природе», —

Утверждает так наука.

Или что-то в этом роде...

(Ю)

Юнга модуль

Отношение всякого

Тела противления

(Коли давят на него)

С мерой удлинения.

(Я)

Ярус структурный

Как в театре оперном,
От яруса к ярусу
В публике различие
По деньгам и статусу...,
Так в разрезе коровом:
Каждый кверху ярус
Проще предыдущего —
Се — природный казус.



ДИНАМИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ
Электронный научно-образовательный журнал 2021/1

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 15, ком. 536
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 15.01.2021.
Объем 7 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 028.