

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ДРЕВНИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КАЙНОЗОЙСКИХ УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

Ю.О. Гаврилов

Геологический институт РАН, e-mail: yugavrilov@gmail.com

Выявление следов сейсмических палеособытий является важной геологической проблемой, поскольку дает информацию как об общих закономерностях развития региона, так и о постседиментационных преобразованиях осадочных толщ. В частности, землетрясения могут оказывать влияние на процессы генерации, миграции и накопления жидких и газообразных углеводородов, а их воздействие на физико-механические свойства пород выражается в образовании в отложениях трещиноватости, что, в свою очередь, может обуславливать появление у них коллекторских свойств, первоначально отсутствовавших.

Различным аспектам отражения палеоземлетрясений в осадочных толщах разного генезиса посвящены многочисленные публикации, в том числе монографии и тематические сборники статей [1–11 и др.].

Одним из наиболее сейсмоактивных регионов России является Северный Кавказ, о чем свидетельствуют многочисленные и разнообразные следы палеосейсмических событий, зафиксированные в разрезах мезозоя-кайнозоя [12–17 и др.]. Подробный анализ сейсмичности данного региона в новейшее время выполнен в [18].

Встречающиеся в разрезах осадочных толщ следы древних землетрясений А. Зейлахером было предложено называть «сейсмита» [8]. Этот термин мы будем использовать в отношении любых вторичных (постседиментационных) сейсмогенных образований. В осадочных толщах Северного Кавказа сейсмита распространены неравномерно – как на разных стратиграфических уровнях, так и по площади (территории). Связано это как с изменениями сейсмической активности региона во времени, так и с неодинаковой способностью различных по составу отложений запечатлеть в себе проявления сейсмических событий. Сравнение следов землетрясений в песчано-глинистых и глинисто-карбонатных отложениях показывает, что они заметно различаются. Рассмотрим сейсмита, зафиксированные в углеродистых песчано-глинистых (средний миоцен) и глинистых (олигоцен-нижний миоцен) толщах, которые в пределах северо-восточного Кавказа являются нефте- и газогенерирующими.

Сейсмиды в среднемиоценовых отложениях северо-восточной части Кавказа

Наиболее отчетливо следы землетрясений фиксируются в терригенных песчано-глинистых толщах, что обусловлено эффектом разжижения песчаного материала вследствие сейсмического воздействия на породы, образованием песчаной пульпы и ее внедрением в сейсмогенные трещины. В результате этого возникают разнообразные инъекционные тела: непунические дайки, силлы, иногда морфологически сложные образования. Поэтому стратиграфическим интервалом, в котором сейсмические события отображены наиболее выразительно, является среднемиоценовая толща – чокрак и караган. Мощность этой толщи в Дагестане достигает 1000–1200 м, к западу она сокращается. Сложена толща песчано-глинистыми отложениями; пласты песчаников достигают мощности 10–15 м и более (около 10 – в чокраке и 13 – в карагане) [19–20 и др.]. Наиболее насыщен следами палеосейсмических событий (разнообразные формы проявления, различия в интенсивности сейсмических событий и т.д.) разрез среднего миоцена в районе Буйнакского перевала (район г. Махачкалы).

В чокракской толще можно выделить несколько сейсмических комплексов (СК), под которыми следует понимать всю совокупность геологических тел, возникших в результате одного или нескольких сейсмических событий, случившихся за сравнительно короткий промежуток времени. Сейсмический комплекс в наиболее полном виде представлен: 1) собственно горизонтом сейсмического события (ГСС); 2) ассоциирующими с ним кластическими инъекционными образованиями – дайками, силлами, горизонтами сетчатых инъекций и т.д.; 3) горизонтами срывов, проскальзывания и т.д. ГСС представляют собой интервалы разреза мощностью обычно до 5–7 м, в которых относительно слабо литифицированные отложения, залегающие под границей морская вода/осадок, во время палеоземлетрясения подверглись различного рода деформациям, деструкции, дезинтеграции (рис. 1). Сравнение разных ГСС показывает, что их внутренняя структура в значительной мере зависит от литологического состава отложений и степени их литификации в момент землетрясения. Нижняя граница ГСС обычно бывает достаточно резкой, и переход к нижележащим недеформированным отложениям выражен вполне отчетливо (см. рис. 1). Вместе с тем, на некоторых участках процесс деструкции захватывал большую мощность отложений и нижняя граница ГСС опускалась на несколько метров в нижележащие слои. Верхняя граница ГСС, как правило, также достаточно ровная, хотя первоначально, после землетрясения, поверхность ГСС была,

видимо, холмистой, но в дальнейшем в результате высокой гидродинамической активности и встряхивания слаболитифицированной осадочной массы при афтершоках произошло ее выравнивание, выполаживание.

Весьма характерным явлением при сейсмическом воздействии на песчаные отложения являлось разжижение осадочного материала. Образовавшаяся при этом песчаная пульпа перераспределялась внутри пласта, образуя в одних местах песчаные раздувы, а в других – мощность пласта сокращалась до минимума, вплоть до полного его выклинивания. Это явление хорошо иллюстрируется изменениями первоначального облика пласта песчаника, залегающего в основании ГСС (см. рис. 1). Причем, разжижение песчаного материала пласта приводило к нестабильному положению залегавших над ним отложений, способствовало их перемещению и деструктурированию.

Сейсмические удары в некоторых пачках переслаивания глин и песчаников способствовали образованию горизонтальных срывов внутри пластов глинистых пород, вдоль таких срывов происходили изменения первоначальной осадочной структуры слоев, «перетирание» пород, исчезала их седиментационная слоистость, возникали новые вторичные деформационные текстуры.

Неотъемлемой частью сейсмокомплексов являются кластические (нептунические) дайки и силлы (рис. 2) [17]. Их ассоциация с ГСС свидетельствует о том, что эти интервалы деструктурированных отложений возникли не в результате пассивного гравитационного подводного оползания, а были связаны с землетрясениями. Анализ залегания нептунических даек в разрезе показывает, что их ориентация в толще меняется в зависимости от удаления от ГСС.

Отходящие от ГСС вниз нептунические дайки проникают в нижележащую толщу на разную глубину. При этом в относительно глубоких (несколько десятков метров) по отношению к ГСС горизонтах отложений (и уже в значительной мере литифицированных) нептунические дайки формировались преимущественно вдоль субвертикально ориентированных трещин (см. рис. 2). Нередко отмечается сложная конфигурация инъекционных тел (от даек к силлам с прихотливыми переходами одних в другие).

Помимо открытых трещин, в глинистых породах возникла система многочисленных закрытых трещин, по которым из глинистых отложений (вследствие их уплотнения) могли уходить захороненные иловые воды. Такие воды перемещались в пласты песчаников и повышали их способность к разжижению песчаного материала. По

мере приближения к ГСС характер сейсмогенной трещиноватости менялся и в отложениях, подстилающих ГСС (в интервале до ~ 10 м). Помимо субвертикальных возникли также трещины, наклонные по отношению к выраженной слоистости. Соответственно, песчаная пульпа внедрялась в трещины любой ориентации, формируя дайки различной морфологии. Обычно они отходят от ГСС под разными углами (от 90 до 30°); примерно в таких же пределах может меняться пространственная ориентация частей одной и той же дайки.

Отметим, что внутри ГСС также иногда встречаются относительно короткие (несколько метров) песчаные дайки, не прослеживающиеся во вмещающих глинистых отложениях. Их образование связано с последующими после основного сейсмического события афтершоками. Если в зоне землетрясения оказывались отложения переслаивания песчаных и глинистых пород, то в результате разжижения песчаного материала возникали межпластовые дайки. Они могли объединять разные пласты с разжиженным материалом в единую систему и обуславливать перетекание песчаной пульпы из одного пласта в другой.

Для установления закономерностей распределения песчаных инъекционных тел в осадочных толщах принципиальным является вопрос о глубине, на которую распространяется влияние сейсмического события на процесс разжижения песчаного материала. В значительной степени это определяется степенью литификации последнего, степенью его цементации. Песчаники чокрака и карагана сложены слабо сцементированным олигомиктовым кварцевым материалом, который мог быть подвержен разжижению на относительно большой глубине, измерявшейся, возможно, несколькими десятками или даже первыми сотнями метров. Вместе с тем, в смежных глинистых отложениях, обогащенных органическим веществом, протекали активные диагенетические процессы, и остаточные иловые воды были насыщены бикарбонатами Ca, Mg, Fe [13, 22]. В процессе уплотнения глинистых осадков бикарбонаты с отжимавшимися водами поступали в песчаники и в ряде случаев приводили в них к карбонатной цементации. Такие песчаники уже не могли подвергаться разжижению и, соответственно, не образовывали песчаную пульпу. Отметим, что, по мнению В.Н. Холодова, образование инъекционных песчаных тел происходило в осадочных комплексах на значительных глубинах [21 и др.].

Сравнение сейсмодислокаций из различных частей толщи среднего миоцена показывает, что их характер вверх по разрезу меняется и сейсмита приобретают некоторые новые черты. Это связано с изменениями в литологическом составе отложений: в средней части чокрака появляются отчетливо выраженные седиментационные циклы 2-го порядка (10–15 м), в нижней части которых преобладают глинистые отложения, в средней – расположен интервал переслаивания глинистых и песчаниковых пластов, а верхняя часть – сложена наиболее мощными пластами песчаников. Наиболее рельефно последствия сейсмического воздействия на данную толщу проявляются в интервалах переслаивания пластов черных глин и песчаников. На рис. 3 видно, что степень дезинтеграции первичной осадочной структуры отложений может быть очень высока. Причем, глинистые и песчаные породы вели себя по-разному. Частично литифицированные глинистые породы в результате сейсмоудара дробились, образуя иногда относительно остроугольные обломки, песчаные – подвергались разжижению и образовывали многочисленные инъекции пульпы, которая, заполняла всевозможные трещины в глинистых породах. Перемещение пластов относительно друг друга иногда приводило к образованию структур их закручивания – своеобразных «рулетов». Разжижение песчаного материала в пластах песчаников усложняло морфологию таких структур.

Сейсмита в осадочных толщах чокрака и карагана распространены неравномерно, в обоих случаях снизу вверх по разрезу нарастала частота сейсмических событий. Если в начале каждого из подразделений среднего миоцена существовали как периоды сейсмической активности, так и интервалы времени относительного сейсмического покоя, то на втором этапе образования сейсмита происходили гораздо более частые землетрясения, о чем свидетельствуют разнообразные сейсмогенные структуры в верхних частях этих толщ. В результате здесь гораздо труднее выделить конкретные сейсмические комплексы, так как часто разные комплексы накладываются друг на друга.

На территории от Дагестана до Северной Осетии в разрезах среднего миоцена следы палеоземлетрясений также распространены неравномерно: их количество и интенсивность в западном направлении уменьшаются. В Дагестане и в восточных районах Чечни достаточно широко распространены сейсмита дагестанского типа, однако уже в ее центральной части их количество заметно сокращается (здесь отмечены единичные кластические дайки). При этом в разрезах Чечни и Ингушетии встречаются сейсмогенные

образования другого рода (отличные от сейсмиков «дагестанского типа»), которые можно рассматривать как возникшие в результате более слабых сейсмических воздействий на породы [13, 22].

Сейсмичность в глинистых толщах майкопской серии

Под майкопской серией в работе понимается олигоцен-нижнемиоценовая толща, в которой выделяется ряд горизонтов по [23], в том числе хадумский (нижняя часть майкопа) и зурамакентский (в кровле майкопа).

По сравнению с песчано-глинистыми толщами среднего миоцена, выявлять свидетельства сейсмических событий в литологически относительно монотонных глинистых толщах майкопской серии гораздо сложнее. Тем не менее, ряд нарушений первоначального (седиментационного) состояния пород, наблюдаемых в разрезах углеродистых толщ, позволяет связывать их с сейсмическими событиями.

Одним из результатов палеоземлетрясений было образование интервалов отложений, в которых глинистые породы пересекаются большим количеством трещин. В тех случаях, когда сейсмическому воздействию подвергались приповерхностные слои майкопского бассейна, возникавшая система трещиноватости отложений придавала им своеобразный ячеистый облик. Эти трещинки отчетливо выделяются на фоне темно-серых аргиллитов своей рыжевато-охристой окраской, возникшей за счет окисления тонко рассеянного в породе пирита (рис. 4–6). Некоторые горизонты аргиллитов с ячеистой структурой перекрываются песчаными прослоями с подошвенными иероглифами, которые указывают на потоковое (турбидитное) происхождение этих песчаников (см. рис. 4). Их совместное залегание является вполне закономерным. Образование трещиноватости было связано с сейсмическим ударом, явившимся также причиной срыва осадочных масс со склонов подводных палеоподнятий и образования мутьевых потоков, отложения которых перекрыли трещиноватые горизонты (разрез «Чиркей ГЭС», Дагестан). В глубоко располагавшихся слоях толщи и уже более литифицированных ко времени сейсмического воздействия трещиноватость могла приобретать в одних случаях неупорядоченный характер (рис. 7), в других – формировалась система субвертикальных трещин (рис. 8), толщина которых колеблется от первых мм до 1 см и более. Эти трещинки часто бывают заполнены гипсом, образование которого могло происходить на более поздних стадиях литогенеза или гипергенеза.

В хадумской глинистой толще (нижний майкоп) встречаются локальные несогласия до $\sim 10\text{--}15^\circ$ (рис. 9). В отложениях под плоскостью углового несогласия наблюдается нарушение первоначального горизонтального залегания слоев, в них же развита обильная трещиноватость, а породы вдоль трещинок окрашены гидроксидами железа в охристый цвет. Над плоскостью несогласия залегают темно-серые аргиллиты без следов нарушения седиментационной структуры и без явных признаков трещиноватости. Такие взаимоотношения отложений с разными характеристиками возникли в результате сейсмического события, которое обусловило некоторые изменения первоначального положения слоев, их умеренную деформацию и развитие трещиноватости. В дальнейшем происходило накопление отложений, которые не испытали воздействия сейсмического события.

Достаточно высокая сейсмическая активность региона во время формирования майкопской толщи (и прежде всего его нижней части – хадумского горизонта) привела к появлению горизонтов деструктурированных отложений с высокой степенью трещиноватости, которая, видимо, обуславливала появление коллекторских свойств у глинистых пород. Учитывая, что майкопская толща преимущественно глинистая и содержит крайне мало коллекторов традиционного типа, появление в ней сейсмогенной трещиноватости способствовало генерации и аккумуляции значительного количества жидких углеводородов, которые добывались из этой толщи.

Известно, что трещинные коллекторы имеются также в баженовской свите Западной Сибири. Поскольку существуют литологические свидетельства происходивших здесь палеоземлетрясений [24], можно в этом случае также предполагать сейсмогенную природу трещиноватости.

В районе Буйнакского перевала в разрезе самой верхней части майкопа (вблизи контакта с чокракской толщей) фиксируется интервал отложений с отчетливыми признаками деструктуризации первоначально слоистых отложений (рис. 10). Здесь видны мелкие надвиги, взбросы, пластические деформации слоев, наблюдаются системы многочисленных трещин, т.е. характерные для структуры сейсмиков образования. Над этим интервалом находится маломощная (3–3,5 м) пачка недеформированных слоистых отложений, на них – уже чокракская толща. Появление признаков усиления сейсмической активности вблизи контакта этих двух толщ, которые формировались в разных по ряду параметров палеобассейнах, может свидетельствовать о происходивших в то время

процессах тектонической перестройки региона. Данная перестройка привела к изменениям Восточного Паратетиса, и это отразилось также на характере накапливавшихся осадков.

Следует отметить, что и в других разрезах мезозоя-кайнозоя Северного Кавказа можно наблюдать приуроченность сейсмитов к интервалам отложений, которые соответствовали существенным изменениям режима прогибания ложа палеобассейнов, характера седиментации, литолого-геохимических параметров осадков [25].

Сравнение сейсмитов из разных частей мезозойско-кайнозойского разреза показывает, что их облик, морфология и масштаб деструктуризации отложений, подвергшихся деформации, зависели от их первоначального литологического состава. Особую роль в этом играло содержание в породах органического вещества, которое влияло на ряд физико-механических свойств отложений, в частности, на количество остаточных захороненных вод в породах. В диагенезе деструкция ОВ приводила к увеличению в отложениях свободной воды. Во время сейсмических событий эти воды поступали в песчаные слои и способствовали разжижению песчаного материала, в результате во вмещающей толще образовывались разнообразные инъекционные тела.

Специфика восприятия углеродистыми отложениями воздействия на них палеоземлетрясений обусловила особый характер запечатленных в этих толщах сейсмогенных новообразованных структур. Повышенная восприимчивость углеродистых отложений (по сравнению с неуглеродистыми) к внешнему механическому воздействию, видимо, в определенной степени повлияла также на увеличение количества установленных в их разрезах сейсмитов.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0135-2014-0028 Геологического института РАН (Программа № 1 ОНЗ РАН).

ЛИТЕРАТУРА

1. Верзилин Н.Н. Влияние древних землетрясений и мутьевых потоков в меловом периоде на особенности осадконакопления в прибрежных частях Ферганского бассейна // Дельтовые и мелководно-морские отложения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 149–154.
2. Гарецкий Р.Г. Кластические дайки // Известия АН СССР. 1956. № 3. С. 81–102.
3. Палеосейсмология / Под ред. Д. Мак-Калпина. М.: Научный мир, 2011. Т. 1. 541 с.

4. Палеосейсмология / Под ред. Д. Мак-Калпина. М.: Научный мир, 2011. Т. 2. 387 с.
5. *Шрок Р.* Последовательность в свитах слоистых пород. М.: Изд-во иностранной литературы, 1950. 564 с.
6. Ancient Seismites / Eds F.R. Etnessohn, N. Rast, C.E. Brett // Geological Society of America Spec. Papers. 2002. Vol. 359. 190 p.
7. *Montenat C., Barrier P., d'Estevou P.O., Hibsich C.* Seismites: an attempt at critical analysis and classification // Sed. Geol. 2007. Vol. 196. P. 5–30.
8. *Obermeier S.F.* Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis – An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes // Engineering Geology. 1996. Vol. 44. № 1–4. P. 1–76.
9. *Seilacher A.* Fault-graded beds interpreted as seismites // Sedimentology. 1969. Vol. 13. № 1–2. P. 155–159.
10. *Seilacher A.* Sedimentary structures tentatively attributed to seismic events // Marine Geology. 1984. Vol. 55. P. 1–12.
11. *Sims J.D.* Earthquake-induced structures in sediments of Van Norman Lake, San Fernando, California // Science. 1973. Vol. 182. P. 161–163.
12. *Sims J.D.* Determining earthquake recurrence intervals from deformational structures in young lacustrine sediments // Tectonophysics. 1975. Vol. 29. P. 141–152.
13. *Вассоевич Н.Б., Коротков С.Т.* К познанию явлений крупных подводных оползней в олигоценовую эпоху на Северном Кавказе (Труды НГРИ. Сер. А). М.–Л.: ОНТИ НКТП, 1935. Вып. 52. 46 с.
14. *Гаврилов Ю.О.* Некоторые аспекты диагенеза чокракско-караганских отложений Восточного Предкавказья // Литология и полезные ископаемые. 1977. № 3. С. 38–52.
15. *Герасимов А.П.* Жилы выполнения в юрских сланцах бассейна р. Ассы (Северный Кавказ) // Изв. Геолкома. 1918. Т. 37. № 5–6. С. 529–544.
16. *Рубинштейн М.М.* Некоторые данные о так называемых нептунических дайках // Сообщения АН Груз. ССР. 1949. Т. 10. № 8. С. 471–475.

17. *Тихомиров В.В., Хаин В.Е.* Подводные оползни и обвалы в третичных отложениях Северо-Восточного Азербайджана // Докл. АН СССР. 1947. Т. 58. № 1. С. 105–108.
18. *Холодов В.Н., Гаврилов Ю.О.* Кластические дайки в миоценовых отложениях Восточного Предкавказья // Докл. АН СССР. 1977. Т. 237. № 6. С. 1463–1466.
19. *Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Лутиков А.И. и др.* Эндогенные опасности Северного Кавказа. М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.
20. *Вассоевич Н.Б.* Чокракско-караганская нефтеносная толща восточной части северного склона Кавказа // Тр. КЮГЭ. 1959. Вып. 4. С. 400–546.
21. *Жижченко Б.П.* Средний миоцен // Стратиграфия СССР. Неоген. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1940. Т. 12. С. 51–227.
22. *Холодов В.Н.* Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах (на примере Восточного Предкавказья). М.: Наука, 1983. 150 с.
23. *Гаврилов Ю.О.* Диагенетические преобразования в глинистых отложениях (средний миоцен Восточного Предкавказья). М.: Наука, 1982. 100 с.
24. *Шатский Н.С.* Геологическое строение восточной части Черных гор и нефтяные месторождения Миатлы и Дылым (Северный Дагестан): Тр. Гос. исслед. нефт. ин-та). М.: Изд-во науч.-техн. упр. ВСНХ, 1929. Вып. 4. 284 с.
25. *Микуленко К.И., Афанасьев Ю.Т.* Следы древних землетрясений в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности // Геология и геофизика, 1969. № 2. С. 18–26.
26. *Гаврилов Ю.О.* Динамика формирования юрского терригенного комплекса Большого Кавказа: седиментология, геохимия, постдиагенетические преобразования. М.: ГЕОС, 2005. 301 с.

REFERENCES

1. *Verzilin N.N.* Vliyaniye drevnikh zemletryaseniy i mut'evykh potokov v melovom periode na osobennosti osadkonakopleniya v pribrezhnykh chastyakh Ferganskogo basseyna // Del'tovye i melkovodno-morskie otlozheniya. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963. S. 149–154.
2. *Garetskiy R.G.* Klasticheskie dayki // Izvestiya AN SSSR. 1956. № 3. S. 81–102.
3. *Paleoseysmologiya / Pod red. D. Mak-Kalpina.* M.: Nauchnyy mir, 2011. T. 1. 541 s.
4. *Paleoseysmologiya / Pod red. D. Mak-Kalpina.* M.: Nauchnyy mir, 2011. T. 2. 387 s.

5. *Shrok R.* Posledovatel'nost' v svitakh sloistyykh porod. M.: Izd-vo inostrannoy literatury, 1950. 564 s.
6. Ancient Seismites / Eds F.R. Ertter, N. Rast, C.E. Brett // Geological Society of America Spec. Papers. 2002. Vol. 359. 190 p.
7. *Montenat C., Barrier P., d'Estevou P.O., Hirsch C.* Seismites: an attempt at critical analysis and classification // Sed. Geol. 2007. Vol. 196. P. 5–30.
8. *Obermeier S.F.* Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis – An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes // Engineering Geology. 1996. Vol. 44. № 1–4. P. 1–76.
9. *Seilacher A.* Fault-graded beds interpreted as seismites // Sedimentology. 1969. Vol. 13. № 1–2. P. 155–159.
10. *Seilacher A.* Sedimentary structures tentatively attributed to seismic events // Marine Geology. 1984. Vol. 55. P. 1–12.
11. *Sims J.D.* Earthquake-induced structures in sediments of Van Norman Lake, San Fernando, California // Science. 1973. Vol. 182. P. 161–163.
12. *Sims J.D.* Determining earthquake recurrence intervals from deformational structures in young lacustrine sediments // Tectonophysics. 1975. Vol. 29. P. 141–152.
13. *Vassoevich N.B., Korotkov S.T.* K poznaniyu yavleniy krupnykh podvodnykh opolzney v oligotsenovuyu epokhu na Severnom Kavkaze (Trudy NGRI. Ser. A). M.–Jl.: ONTI NKTP, 1935. Vyp. 52. 46 s.
14. *Gavrilov Yu.O.* Nekotorye aspekty diageneticheskikh chokrasko-karaganskikh otlozheniy Vostochnogo Predkavkaz'ya // Litologiya i poleznye iskopaemye. 1977. № 3. S. 38–52.
15. *Gerasimov A.P.* Zhily vypolneniya v yurskikh slantsakh basseyna r. Assy (Severnyy Kavkaz) // Izv. Geolkom. 1918. T. 37. № 5–6. S. 529–544.
16. *Rubinshteyn M.M.* Nekotorye dannye o tak nazyvaemykh neptunicheskikh daykakh // Soobshcheniya AN Gruz. SSR. 1949. T. 10. № 8. S. 471–475.
17. *Tikhomirov V.V., Khain V.E.* Podvodnye opolzni i obvaly v tretichnykh otlozheniyakh Severo-Vostochnogo Azerbaydzhana // Dokl. AN SSSR. 1947. T. 58. № 1. S. 105–108.
18. *Kholodov V.N., Gavrilov Y.O.* Klasticheskie dayki v miotsenovyykh otlozheniyakh Vostochnogo Predkavkaz'ya // Dokl. AN SSSR. 1977. T. 237. № 6. S. 1463–1466.

19. *Rogozhin E.A., Ovsyuchenko A.N., Lutikov A.I. i dr.* Endogennye opasnosti Severnogo Kavkaza. M.: IFZ RAN, 2014. 256 s.
20. *Vassoevich N.B.* CHokrasko-karaganskaya neftenosnaya tolshcha vostochnoy chasti severnogo sklona Kavkaza // Tr. KYUGE. 1959. Vyp. 4. S. 400–546.
21. *Zhizhchenko B.P.* Sredniy miotsen // Stratigrafiya SSSR. Neogen. M.–L.: Izd-vo AN SSSR, 1940. T. 12. S. 51–227.
22. *Kholodov V.N.* Postsedimentatsionnye preobrazovaniya v elizionnykh basseynakh (na primere Vostochnogo Predkavkaz'ya). M.: Nauka, 1983. 150 s.
23. *Gavrilov Yu.O.* Diageneticheskie preobrazovaniya v glinistyykh otlozheniyakh (sredniy miotsen Vostochnogo Predkavkaz'ya). M.: Nauka, 1982. 100 s.
24. *Shatskiy N.S.* Geologicheskoe stroenie vostochnoy chasti Chernyykh gor i neftyanye mestorozhdeniya Miatly i Dylm (Severnyy Dagestan): Tr. Gos. issled. nef. in-ta). M.: Izd-vo nauch.-tekhn. upr. VSNKH, 1929. Vyp. 4. 284 s.
25. *Mikulenko K.I., Afanas'ev Yu.T.* Sledy drevnikh zemletryaseniy v mezozoyskikh otlozheniyakh Zapadno-Sibirskoy nizmennosti // Geologiya i geofizika, 1969. № 2. S. 18–26.
26. *Gavrilov Yu.O.* Dinamika formirovaniya yurskogo terrigennoy kompleksa Bol'shogo Kavkaza: sedimentologiya, geokhimiya, postdiageneticheskie preobrazovaniya. M.: GEOS, 2005. 301 s.

ПРИЛОЖЕНИЕ

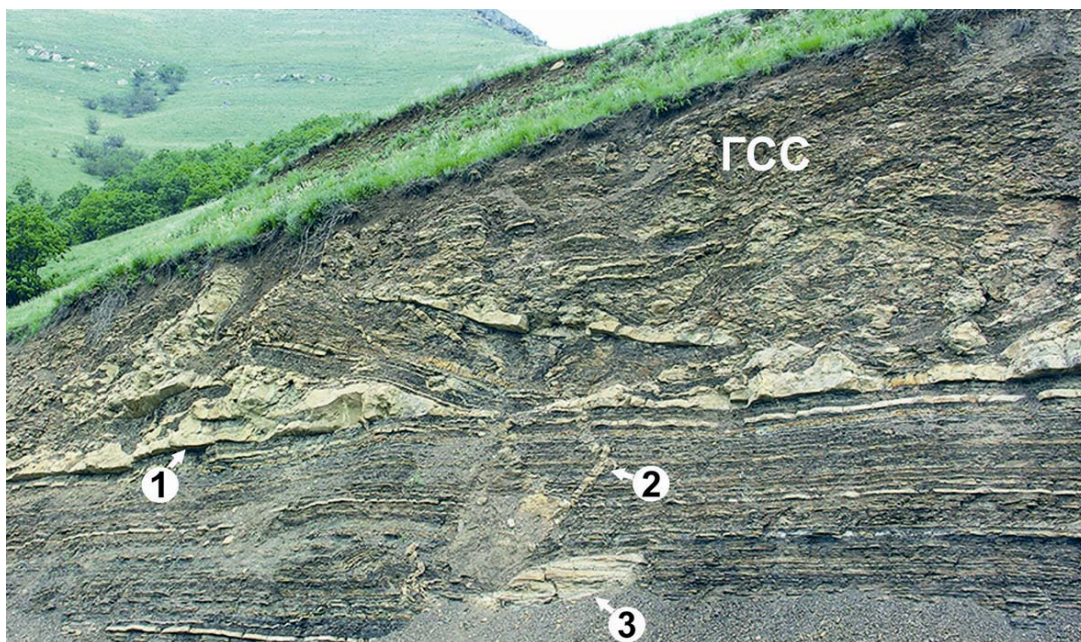


Рис. 1. Деформированные и деструктурированные отложения горизонта сейсмического события (ГСС) и подстилающие его недеформированные отложения:

1 – пласт песчаника в основании ГСС, материал которого в результате землетрясения подвергся разжижению и перераспределению; 2 и 3 – негпунические дайки, ориентированные по разному относительно плоскости обнажения (2 – перпендикулярно, 3 – параллельно)



Рис. 2. Негпунические дайки в основании толщи среднего миоцена (разрез Буйнакского перевала)



Рис. 3. Деструктурированные в результате палеоземлетрясения песчано-глинистые отложения с морфологически сложной системой инъекционных песчаных тел (разрез верхнего чокрака, Буйнакский перевал)



Рис. 4. Горизонт глинистых отложений с сейсмогенной ячеистой трещиноватостью перекрывается песчаным прослоем с потоковыми гиероглифами на подошве (нижний майкоп, разрез «Чиркей ГЭС», Дагестан)



Рис. 5. Горизонт глинистых отложений с сейсмогенной ячеистой трещиноватостью (вид фрагмента разреза сбоку)



Рис. 6. Горизонт глинистых отложений с сейсмогенной ячеистой трещиноватостью (вид плоскости напластования)

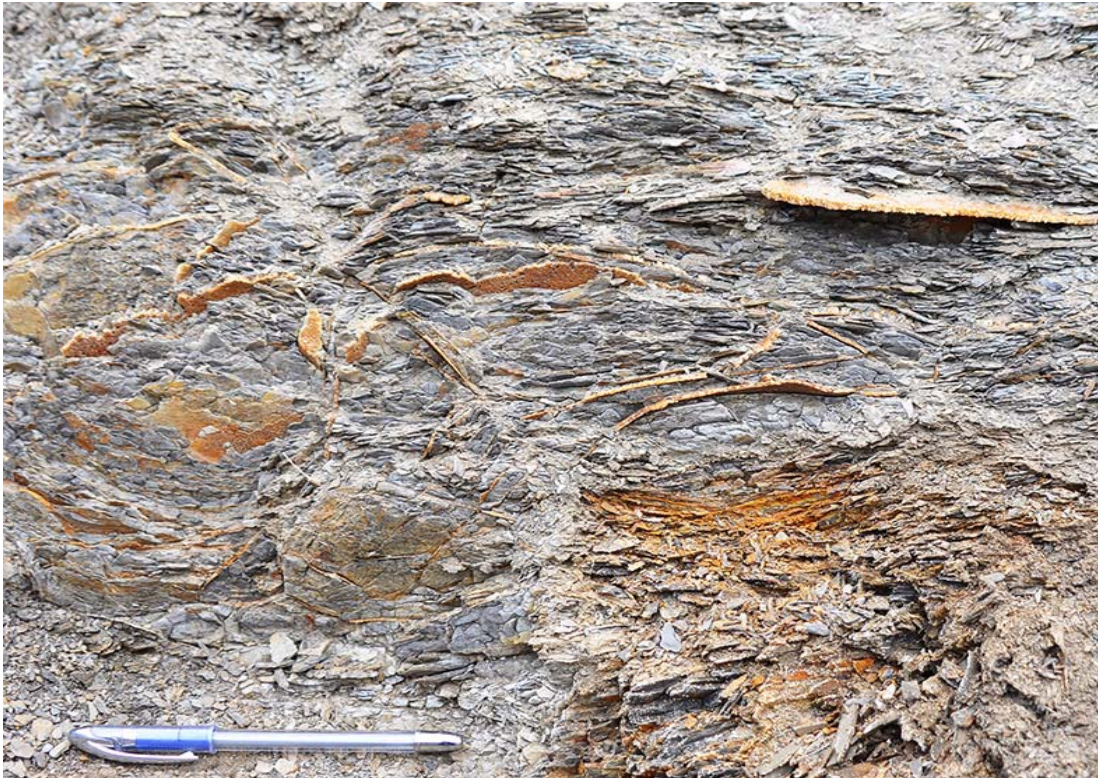


Рис. 7. Разноориентированная трещиноватость в глинистых отложениях (трещины заполнены гипергенным гипсом)



Рис. 8. Система субвертикальных сейсмогенных трещин, образованных в относительно литифицированных глинистых породах (видимо, на глубине в несколько десятков метров)

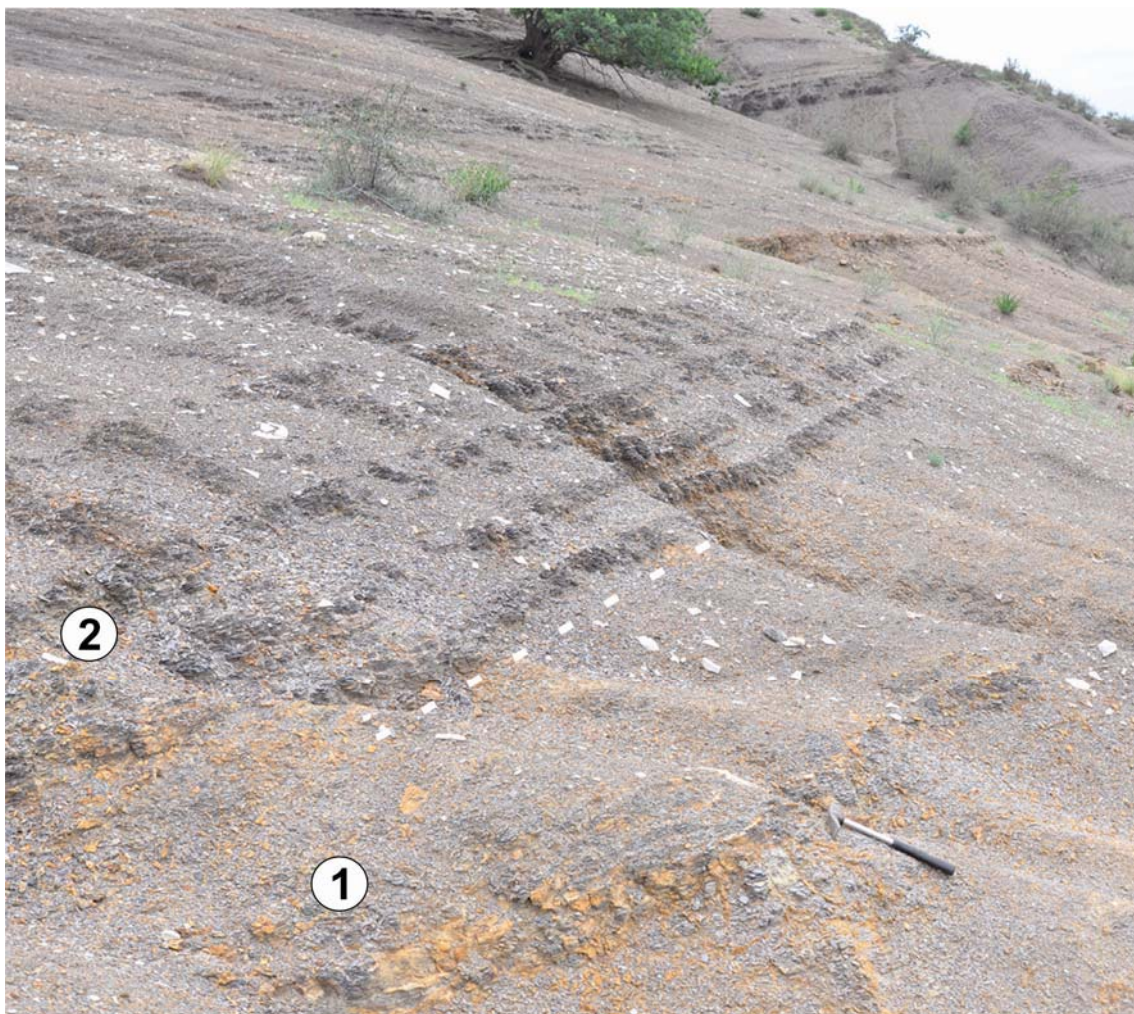


Рис. 9. Малоугловое несогласие в нижемайкопской (хадумской) толще, разделяющее трещиноватые отложения, испытавшие сейсмическое воздействие (1), и отложения без следов трещиноватости (2), накопившиеся после палеосейсмического события



Рис. 10. Горизонт сейсмического события (ГСС) в кровле майкопской толщи (разрез «Буйнакский перевал»):

А – Общий вид контакта майкопской и чокракской толщ;

Б – Деструктурированные отложения в ГСС;

В – Субвертикальная трещиноватость в ГСС

В

