№ 4 октябрь–декабрь 2017

Научные сообщения

УДК 551.432→550.349(470.62)

© 2017 г. О.Ю. КРИЦКАЯ, В.И. ПОПКОВ, А.А. ОСТАПЕНКО

ПАЛЕОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАВКАЗА НА УЧАСТКЕ АНАПА – НОВОРОССИЙСК

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
e-mail: oksana_krit@mail.ru

Крупные сейсмические события недавнего геологического прошлого нашли отражение в рельефе некоторых участков Черноморского побережья Кавказа. Максимальной сейсмотектонической переработке подвергся участок от Анапы до Новороссийска. В задачи исследований, проведенных авторами, входило выявление палеосейсмодислокаций и сейсмогравитационных деформаций, проведение их морфологического и морфометрического анализа с целью определения механизма образования, относительного возраста, роли в формировании современного облика рельефа.

В результате было установлено, что сейсмогравитационные структуры имеют сложное строение, а также отчетливо выражены в рельефе. Многие из них имеют общие морфологические черты, такие как: выраженная линия отрыва, участки типичного бугристо-западинного оползневого рельефа, наличие отдельных сейсмогравитационных отторженцев и крутого фронтального уступа. Геоморфологический анализ, а также дешифрирование космических снимков позволили выявить два основных типа сейсмогравитационных структур, а также установить, что они имеют различный возраст и образовались в течение нескольких этапов, связанных с неоднократным проявлением сейсмических событий. Наиболее отчетливы различия в подводном рельефе разновозрастных структур.

Значительное влияние сейсмогенная переработка рельефа оказала на ход современных экзогенных процессов. Наиболее активными здесь являются эрозионные и обвально-осыпные процессы, протекающие в нелитифицированных несцементированных сейсмогравитационных отложениях.

Общие масштабы изменения ландшафта указывают на высокий энергетический класс землетрясений и вероятное нахождение их эпицентров в пределах или непосредственной близости от рассмотренной территории.

Ключевые слова: сейсмотектоника, сейсмогравитационные деформации, оползни, землетрясения, рельеф.

Поступила в редакцию 28.06.2016 Принята к печати 20.06.2017

DOI: 10.7868/S0435428117040034

PALAEOSEISMIC FACTORS OF SHAPING THE CAUCASUS BLACK SEA COASTAL AREA BETWEEN ANAPA AND NOVOROSSIYSK

O.YU. KRITSKAYA, V.I. POPKOV, AND A.A. OSTAPENKO

Kuban State University, Krasnodar, Russia
e-mail: oksana_krit@mail.ru

Summary

Significant seismic events of the recent geological past are reflected in the relief of some areas of the Black Sea coast of the Caucasus region, of which the highest degree of seismotectonic transformation was characteristic to the area from Anapa to Novorossiysk. The current study was aimed at identification of palaeoseismodislocations and seismogravitational deformations, holding their morphological and

morphometric analysis in order to determine the mechanism of formation, relative age, role in shaping the modern landscapes. It was found that seismogravitational structures have a complex composition and are distinctly expressed in relief. Many of them have common morphological features such as clear lines of landslide separation, typical hilly terrain morphology, occurrence of seismogravitational xenoliths and steep front benches.

Geomorphological analysis and interpretation of satellite images revealed two main types of seismogravitational structures. These structures have different ages and were formed in several stages, connected with the repeated display of seismic events. Most distinct are differences in the submarine topography of different age structures.

The modern exogenous processes are prone to the significant influence of the seismogenic relief transformation. The most active surface processes are erosion and rockfall processes occurring in unconsolidated seismogravitational sediments. Total scale of landscape changes indicates a high energy class of earthquakes and the probable location of their epicenters within or very close to the studied territory.

Keywords: seismotectonic, seismogravitational deformations, landslides, earthquake, relief.

Received 28.06.2016 Accepted 20.06.2017

Черноморское побережье Кавказа представляет собой территорию, в формировании рельефа которой нашли отражение самые разнообразные природные факторы. Отдельные участки побережья сильно выделяются по своим геолого-геоморфологическим характеристикам, так как на их строение и морфологию оказали воздействие крупные сейсмические события относительно недавнего геологического прошлого. Наиболее показательна территория, расположенная между городами Анапа и Новороссийск.

Высокая сейсмическая активность побережья отмечалась многими авторами [1, 2 и др.]. Причем главной причиной называется расположение его в области сочленения различных тектонических структур, что, по мнению некоторых исследователей [3], является весомым аргументом в пользу высокой современной активности протекающих здесь тектонических процессов. Разрядка возникающих при этом огромных напряжений неизбежно будет сопровождаться сейсмическими событиями. Следами их проявления являются сейсмодислокации и сейсмогравитационные деформации, рассмотрению которых посвящена данная работа.

Несмотря на масштабность деформаций, изучены они недостаточно. Нет единства во взглядах не только на количество сейсмогравитационных структур и их границы, но и на генезис и условия их образования. В своих исследованиях мы опирались на данные таких авторов как А.Б. Островский [4], А.А. Никонов [5], В.С. Хромовских и В.П. Солоненко [6], в публикациях которых впервые рассматривались сейсмогравитационные формы данного участка Черноморского побережья.

В задачи исследований, проводимых авторами, входило выявление основных палеосейсмодислокаций и сейсмогравитационных деформаций данной территории, их возраста, генезиса, проведение морфологического и морфометрического анализа, а также установление их роли в формировании современного облика рельефа прибрежной зоны. Помимо материалов полевых исследований, в работе использовались данные дешифрирования космических снимков, а также специализированные карты, в том числе подводного рельефа.

В терминологическом отношении мы остановились на классификации А.А. Никонова [7], который предлагает к сейсмодеформациям относить все нарушения рельефа и горных пород, прямо или опосредствованно порожденные землетрясениями. В таком случае термином “сейсмодислокация” охватываются только разрывные и пликативные нарушения тектонической природы, выраженные в рельефе.

Следы максимальной сейсмотектонической переработки Черноморского побережья Кавказа отмечаются на участке длиной около 35 км от устья р. Сукко до устья р. Озерейка, включая мыс Утриш, п-ов Малый Утриш, оз. Абрау. Наиболее детальные исследования были проведены на самых крупных сейсмогравитационных структурах. К ним относятся Большой Утришский, Малый Утришский и Лагунный оползни (рис. 1).

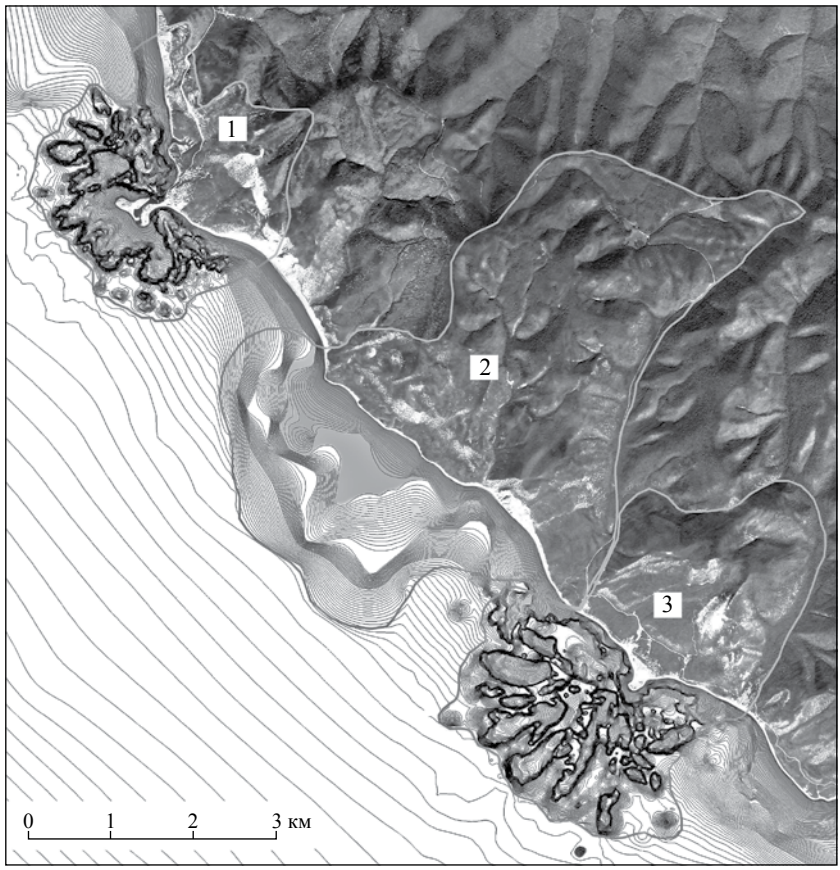

Рис. 1. Крупнейшие сейсмогравитационные деформации п-ова Абрау
Оползни: 1 – Большой Утришский, 2 – Лагунный, 3 – Малый Утришский. Светлые линии – границы оползневых тел

Размеры оползня Большой Утришский: длина – 3.3 км, ширина – 3.1 км. Подводная граница расположена в 1.3–1.7 км от берега. Оползень Малый Утришский имеет длину 5.1 км при максимальной ширине 3.6 км, подводная граница – 2–2.2 км от берега. Между сейсмогравитационными структурами Малого и Большого Утриша расположен еще один оползень (Лагунный), который является наиболее крупным и морфологически сложным. Его ширина 3.3 км, длина – 6 км. Подводная граница – 1.6–2 км от берега. Размах высот у всех обвально-оползневых структур примерно одинаковый – около 500 м (включая подводную часть). Кроме того, были определены границы и строение еще более десяти сейсмогравитационных структур [8, 9].

Лагунный оползень. В пределах данной структуры отчетливо выражено сейсмогенное смещение водораздельного хребта Навагир. Линия отрыва выражена рвом отседания с плоским дном и относительно пологим склоном, который протягивается на расстояние около 300–400 м в приводораздельной части хребта. Ров очевидно связан с растяжением, возникшем при смещении и повороте блока (уч. № 1 на рис. 2).

К югу относительно пологий склон постепенно переходит в котловину размером примерно 700 × 500 м с плоским заболоченным дном, иногда заполняемым водой (озеро Сухой Лиман), которая образовалась из-за смещения хребта.

Еще дальше к югу расположен слабо измененный участок склона, на котором сохранились фрагменты долин, смещенные с северного склона хр. Навагир и ныне

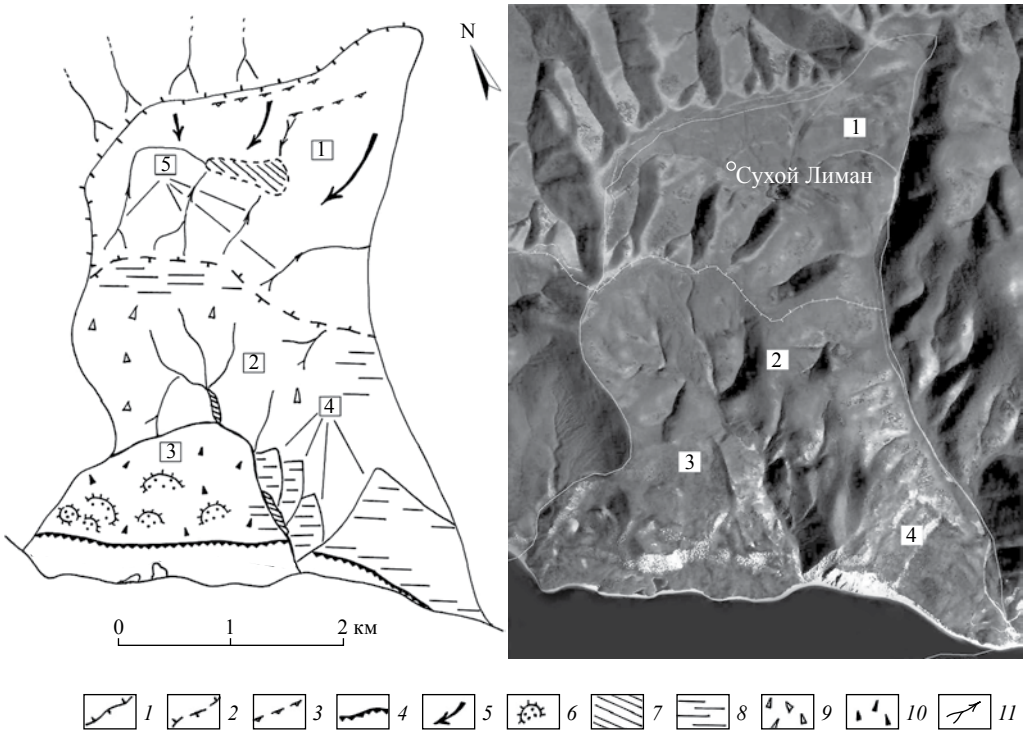

Рис. 2. Схема основных морфологических элементов наземной части сейсмогравитационной структуры Лагунной

Водоразделы: 1 – современный хр. Навагир, *2* – сместившийся в результате сейсмических событий; *3* – зоны отрыва и скольжения верхней части хр. Навагир; *4* – уступ фронтальной части оползня, приуроченный к предположительному сейсмогенному разрыву; *5* – направления движения сейсмогравитационной структуры; *6* – сейсмогравитационные отторженцы; *7* – дно котловин, образовавшихся в результате сейсмогравитационных смещений; *8* – участки слабо нарушенного залегания коренных пород; *9* – породы средней степени дезинтеграции; *10* – максимально дезинтегрированные породы; *11* – перестройка речной сети. Цифры в квадратах – номера исследованных участков

разгружающиеся в котловину Сухого Лимана (на рис. 2 смещенные долины обозначены № 5). Смещение по горизонтали оценивается от 100 до 700 м (с разворотом бывшей водораздельной части хребта по часовой стрелке). В днищах этих долин обнажаются коренные породы с элементами залегания, как у коренной части хребта. Протяженность этого участка около 1200 м. Здесь практически полностью сохранился дооползневой рельеф, а горные породы при смещении еще не испытывали значительных разрушений и деформаций.

Ниже по склону отмечается типичная оползневая часть сейсмогравитационной структуры (уч. № 2 на рис. 2), протягивающаяся по направлению движения на 1200 м. Здесь преобладает бугристый рельеф, отмечаются фрагменты значительно переработанной эрозионной сети. Горные породы присутствуют как в виде дезинтегрированных масс, так и отдельных блоков с сохранившейся первоначальной слоистостью.

Еще ниже оползень переходит в обвал. На крутом склоне горные породы полностью дезинтегрированы (уч. № 3 на рис. 2). Кроме сплошной массы сейсмогравитационных отложений, которые образуют здесь хорошо выраженные языки и террасы, отмечаются также отторженцы со слабо нарушенным залеганием пород. В рельефе они хорошо выражены в виде отдельных холмов с крутыми склонами. Между ними располагаются небольшие понижения. Длина данного участка, протягивающегося до крутого фронтального уступа, около 1000 м.

Фронтальная часть изучаемой сейсмогравитационной структуры, расположенная на расстоянии 200–300 м от современной береговой линии моря, представлена крутым уступом высотой около 80–90 м. Он образован, судя по всему, сейсмогенным разрывом, прослеживающимся через многие сейсмодеформации исследуемой территории [8]. К югу от него следует пологая ступень, простирающаяся до берега моря на расстояние в 250–300 м. В пределах ступени формы рельефа сглажены, выровнены, прикрыты чехлом рыхлых отложений.

Переработка оползневой массы волнами сопровождалась формированием береговых баров и лагун. Обвальные массы прослеживаются на дне Черного моря на расстояние до 2 км. Рельеф подводной части обвала сглажен, в отличие от аналогичных частей соседних сейсмогравитационных структур. На глубине 9 и 19 м отчетливо выражены ступени шириной соответственно 500–600 м и 200 м.

Оползни Большой и Малый Утришские имеют меньшие размеры, однако отличаются большей свежестью форм и очевидно являются более молодыми. Им также присущи: хорошо выраженная линия отрыва; наличие типичных участков бугристого и террасированного оползневого рельефа, обвальной части, состоящей из полностью дезинтегрированных пород и отдельных отторженцев, фронтального уступа и пологих оползневых языков, спускающихся к морю и образующих полуострова с широкими пляжами. Подводные части этих оползней представляют собой веерообразно-мозаичные формы рельефа, состоящие из хаотичного нагромождения крупных глыб (см. рис. 1).

Еще одной чертой рельефа данной территории, обусловленной сейсмическими событиями, является наличие хорошо выраженных замкнутых котловин, совершенно не характерных для остальной части Черноморского побережья Кавказа. Наиболее крупная из них занята оз. Абрау. Его происхождение обсуждалось многими учеными, наиболее полные исследования с привлечением геологических, геофизических данных, в т.ч. бурения скважин, геохимических анализов и пр. методов, позволяющих оценить особенности геологического строения этого участка, были проведены А.Б. Островским. Он сделал вывод, что древняя долина р. Абрау была перегорожена грандиозным оползнем, сместившимся с ее правого борта. Кроме того, им была обнаружена древняя дельта реки, в пределах которой в настоящее время располагается оз. Лиманчик [10]. Выводы А.Б. Островского полностью вписываются в современные представления о развитии сейсмодислокаций и сейсмогравитационных деформаций и подтверждаются последними исследованиями.

Котловины подобного генезиса, хотя и меньших размеров, были выявлены авторами в ходе проведения полевых и камеральных наблюдений. К наиболее выраженным относится котловина оз. Сухой Лиман, рассмотренная выше, котловины к юго-востоку от оз. Абрау и в нижней части щели Широкой (периферия оползня Малого Утриша). В некоторых из них в связи с особенностями гидрогеологии отмечаются временные водоемы. Последний раз крупные озера в этих котловинах (Сухой Лиман и котловина щели Широкой) образовывались в феврале – марте 2016 г.

По механизму образования и морфологии сейсмогравитационные структуры данной территории мы разделили на два основных типа. К первому типу можно отнести крупные сложные структуры, в формировании которых выделяется несколько видов перемещения пород: отседание, оползание и обваливание. Поэтому в их строении отмечаются как фрагменты слабо нарушенных пород, так и полностью дезинтегрированные массы, представленные щебнем и глыбами с включениями крупных блоков.

Второй тип представлен блоковыми оползнями скольжения гораздо меньших размеров, развивающихся на периферии структур первого типа. Наиболее отчетливо такие формы выражены на участке между щелью Базовой и щелью Широкой (уч. № 4 на рис. 2), а также к северо-западу от щели Водопадной.

В районе мыса Утриш отмечен также молодой и прекрасно сохранившийся тектонический уступ, который можно отнести к сейсмодислокациям, непосредственно

связанным с линиями сейсмогенных разломов. Его высота достигает 100–150 м. Наиболее выражен этот уступ напротив мыса Утриш на расстоянии около 700–900 м от современной береговой линии. У юго-восточного своего окончания этот уступ переходит в крутостенный тектонический ров длиной около 1 км. Примерно в одном километре к юго-востоку от мыса Утриш он продолжается современной береговой линией. Утришский уступ является зоной отрыва нижней части Большого Утришского оползня.

Помимо влияния сейсмодислокаций и сейсмодеформаций различного ранга на общий облик рельефа исследуемой территории, необходимо отметить и значительное воздействие сейсмогенной переработки коренных пород на дальнейшее развитие экзогенных процессов. Сейсмогравитационные отложения, как правило, не литифицированы и не сцементированы, что приводит к активному развитию здесь современных экзогенных геоморфологических процессов. В условиях недавней тотальной переработки склонов их динамическое равновесие также еще не установилось [11].

Активные эрозионные процессы отмечаются, прежде всего, в прибрежной зоне и на крутых склонах долин, сохранившихся от предыдущего (доползневого) этапа геологической истории.

На выступах берега, подвергающихся абразионной переработке, интенсивно развиваются обвалы и осыпи. Такие участки берега маркируются не окатанными или слабо окатанными пляжевыми отложениями, свежими обвальными и осыпными конусами. Осыпные процессы также отмечаются на крутых слабо задернованных склонах отдельных сейсмотектонических отторженцев (вершины над поселком М. Утриш).

Характер абразионной переработки берегов и аккумуляции наносов, по сравнению с участками Черноморского побережья, где выходят коренные породы, имеет ярко выраженную специфику. Она связана как с рыхлостью размываемых отложений, так и с особенностями батиметрии: подводные части оползневых тел хорошо гасят энергию волн, замедляя темпы абразии и создавая условия для накопления достаточно широких (до 40–50 м) пляжей. Абразия, тем не менее, достаточно активна на выступах берега, где коллювиальные отложения практически сразу обваливаются в море. Таким образом, абразионная переработка и гравитационные процессы создают большие объемы материала, поступающего на пляжи. Наиболее стабильными и широкими являются пляжи в районе лагун и пос. Малый Утриш, приуроченные к языкам древних оползней.

Пока недостаточно информации о возрасте изученных сейсмогенных форм. В литературе имеются данные о радиоуглеродном определении возраста только наиболее молодой части Большого Утришского оползня. По данным разных исследователей [2, 12] он оценивается в пределах 500 лет. Эти же авторы указывают и на возможные более ранние проявления сейсмических событий.

Геоморфологические данные позволяют уверенно утверждать, что в основной массе сейсмодислокации и сейсмодеформации Утришско-Абраусского района намного моложе аналогичных форм на других участках Черноморского побережья. Они отличаются свежестью форм и не перекрываются отложениями древнее современных пойменных, пролювиальных и пляжевых осадков.

К наиболее молодым сейсмогенным формам мы отнесли Большой и Малый Утришский оползни. Их подводные части практически не переработаны морем, а бугристо-западинный рельеф современного подводного склона в пределах этих структур сохранился, начиная с глубин 2–4 м, т.е. непосредственно ниже зоны современной волновой абразии.

Остальные формы относятся к более древним. Их подводный рельеф сглажен сильнее, а иногда почти не заметен. При этом литологический фактор для объяснения подобных различий можно исключить, так как породы на всем протяжении изучаемого участка практически одинаковы.

Результаты исследований свидетельствуют также о неоднократном проявлении сейсмических событий в исследуемом регионе. Масштабы изменения ландшафта указывают на их высокий энергетический класс и вероятное нахождение эпицентров землетрясений

в пределах или в непосредственной близости от рассмотренной территории. По предварительным расчетам авторов наиболее вероятным можно считать диапазон магнитуды этих землетрясений 6–7, что соответствует 8–9 баллам шкалы MSK-64.

Таким образом, можно сделать вывод об уникальности рельефа и ведущих рельефообразующих факторов данного участка Черноморского побережья Кавказа. Описанные выше особенности рельефа привели к формированию очень разнообразных ландшафтов, которые в настоящее время находятся под охраной в пределах территории Государственного заповедника "Утриш". Однако значительная часть области развития сейсмогравитационных деформаций испытывает в настоящее время интенсивное воздействие хозяйственной деятельности человека, поэтому стоит обратить внимание на очень высокую активность современных экзогенных процессов данной территории, неустойчивость склонов, береговой зоны, специфический характер отложений и возможную сейсмоопасность при планировании каких-либо инженерных и хозяйственных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьин И.В.* Сейсмичность Северного Кавказа. М.: Наука, 1977. 149 с.
2. Эндогенные опасности Большого Кавказа / Рогожин Е.А., Овсюченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В. М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.
3. *Попков В.И.* Структурная геология зоны сочленения Черноморской впадины и Кавказа // Геология. Изв. ОНЗ и природных ресурсов АН РБ. 2010. № 15. С. 21–28.
4. *Островский А.Б.* Палеосейсмотектонические дислокации на Черноморском побережье Северо-Западного Кавказа в связи с оценкой современной сейсмической опасности этой территории // Комплексные исследования Черноморской впадины. М.: Наука, 1970. С. 46–58.
5. *Хромовских В.С., Никонов А.А.* По следам сильных землетрясений. М.: Наука. 1984. 144 с.
6. Палеосейсмогеология Большого Кавказа / В.С. Хромовских, В.П. Солоненко, Р.М. Семенов, В.М. Жилкин. М.: Наука, 1979. 188 с.
7. *Никонов А.А.* Терминология и классификация сейсмогенных нарушений рельефа // Геоморфология. 1995. № 1. С. 4–9.
8. *Попков В.И., Крицкая О.Ю., Остапенко А.А., Быхалова О.Н.* Результаты изучения палеосейсмотектонических деформаций и оползневых процессов на территории Государственного природного заповедника "Утриш" (Северо-Западный Кавказ) // Геология, география и глобальная энергия: научно-технический журнал. 2015. № 3 (58). Астрахань: АГУ. С. 101–114.
9. *Попков В.И., Крицкая О.Ю., Остапенко А.А., Дементьева И.Е., Быхалова О.Н.* Генезис обвально-оползневых структур п-ова Абрау (Северо-Западный Кавказ) // Геология. Изв. ОНЗ и природных ресурсов АН РБ. 2015. № 21. С. 107–112.
10. *Островский А.Б.* Происхождение озера Абрау и других бессточных котловин на Черноморском побережье Кавказа // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1970. № 1. С. 89–98.
11. *Крицкая О.Ю., Остапенко А.А., Попков В.И., Быхалова О.Н.* Сейсмогравитационные отложения на участке Черноморского побережья от Анапы до Новороссийска и особенности развития в них современных экзогенных процессов // Мат-лы IX Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода "Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований" (15–20 сентября 2015 г.). Иркутск: ИГ им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 246–248.
12. *Никонов А.А.* Об исторических землетрясениях и сейсмическом потенциале в районе г. Анапы // Сейсмологический бюллетень Украины за 1993 г. Симферополь: Изд. ИГ НАНУ, 1996. С. 84–87.

REFERENCES

1. Ananjin I.V. *Seysmichnost Bolshogo Kavkaza* (Seismicity of the Greater Caucasus). Moscow: Nauka (Publ.), 1977. 149 p.
2. Rogozhin E.A., Ovsjuchenko A.N., Lutikov A.I., Sobisevitch A.L., and Gorbatikov A.V. *Endogennye opasnosti Bolshogo Kavkaza* (Endogenous hazards of the Greater Caucasus). Moscow: IFZ RAN (Publ.), 2014. 256 p.

3. Popkov V.I. Structural geology of junction zone of the Black Sea basin and the Caucasus. *Geology. News of the Department of Land and Natural Resources AS Republic Belarus*. 2010. No. 15. P. 21–28 (in Russ.).
4. Ostrovskiy A.B. Paleoseismic fault scarps on the Black Sea coast of North-West Caucasus in connection with the assessment of the current seismicity of the territory, in *Kompleksnye issledovaniya Chernomorskoy vpadiny* (Complex studies of Black Sea basin), Moscow: Nauka (Publ.), 1970. P. 46–58.
5. Chromovskih V.S. and Nikonov A.A. *Po sledam silnykh zemletrjaseniy* (In the wake of strong earthquakes). Moscow: Nauka (Publ.), 1984, 144 p.
6. Chromovskih V.S., Solonenko V.P., Smirnov R.M., and Gilkin V.M. *Paleoseysmogeologiya Bolshogo Kavkaza* (Paleoseysmogeology of Greater Caucasus). Moscow: Nauka (Publ.), 1979. 187 p.
7. Nikonov A.A. Terminology and classification of violations seismogenic relief. *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 1995. № 1. P. 4–9 (in Russ.).
8. Popkov V.I., Kritskaya O.J, Ostapenko A.A., Dementjeva I.E., and Byhalova O.N. Research results of paleoseismotectonical deformations and landslides at the territory of State National Reservation "Utrish". *Geologiya, Geografiya i Globalnaya Energiya*. 2015. No. 3 (58). P. 101–114 (in Russ.).
9. Popkov V.I., Kritskaya O.J, Ostapenko A.A., Dementjeva I.E., and Byhalova O.N. Genesis of collapse-landslide structures at Abrau peninsula (North-West Caucasus). *Geology. News of the Department of Land and Natural Resources AS Republic Belarus* 2015. No. 21. P. 107–112 (in Russ.).
10. Ostrovskiy A.B. The origin of Lake Abrau and other drainage basins of the Black Sea coast of the Caucasus. *Izv. Akad. Nauk*. Ser. Geogr. 1970. No. 1. P. 89–98. (in Russ.).
11. Popkov V.I., Kritskaya O.J., Ostapenko A.A., Dementjeva I.E., and Byhalova O.N. Seismogenic and gravitational deposits at the Black Sea coast between Anapa and Novorossiysk and peculiarities of modern exogenous processes here, in *Fundamentalnye problemy kvartera, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dalneyshikh issledovaniy* (Fundamental problems of the Quarter, the results of the study and the main directions of further research). Irkutsk: IG SB RAS (Publ.). 2015. P. 246–248.
12. Nikonov A.A. About the historical earthquakes and the seismic potential in the area of Anapa. *Seism. Bull. Ukr. for 1993*. IG NANU. 1996. P. 84–87 (In Russ.).