

УДК 551.248.2:551.03 (477.75)

МОРФОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ НЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Д.А. Симонов¹, Г.В. Брянцева^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

²Университет «Дубна», Московская обл.

Поступила в редакцию 20.04.18

На основании структурно-морфометрического анализа выявлена стадийность развития новейших структур Керченского полуострова. На начальных этапах неотектонического развития полуострова наиболее активное воздымание и рост неотектонических структур происходили в восточной и центральной частях полуострова, в то время как на наиболее молодых этапах более активному поднятию подвергается северо-восточная и восточная его части. Показана связь выявленных на основе структурно-морфометрического анализа современных тектонических движений и абразионно-оползневых процессов.

Ключевые слова: новейшая тектоника, современные движения, абразионно-оползневые процессы, Керченский полуостров.

Simonov D.A., Bryantseva G.V. Structural-morphometric analysis in neotectonic reconstructions of Kerch Peninsula. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2018. Volume 93, part 3. P. 12–25.

Phases of the newest Kerch Peninsula tectonic structures formation was revealed. It is shown that at the initial stages of the neotectonic development of the peninsula, the most active uplift of neotectonic structures occurred in the eastern and central parts of the peninsula, while in the youngest stages of neotectonic evolution northeastern and eastern parts were more active. The correlation of revealed on the basis of structural-morphometric analysis modern tectonic movements and abrasion-landslide processes is shown.

Key words: neotectonics, modern movements, abrasion-landslide processes, Kerch Peninsula.

Связь новейшей тектоники и рельефа устанавливается различными методами структурной геоморфологии, однако в большинстве случаев структурно-геоморфологические карты и карты новейшей тектоники отражают амплитуду и направленность тектонических движений за весь неотектонический этап и выделить движения, относящиеся к различным стадиям формирования неотектонических структур, бывает затруднительно. Очевидно, что амплитуда новейших поднятий менялась во времени, скорость воздымания на отдельных участках была более интенсивной. Структурно-морфометрический метод, разработанный М.Ф. Философовым (1975), позволяет не только выявлять развивающиеся тектонические структуры, но и рассматривать их развитие во времени. Поскольку современные абразионно-оползневые процессы часто связаны не только с особенностями геологического строения и гидрогеологическими условиями региона, но и с интенсивностью и направленностью современных тектонических движений, применение морфометрического метода позволяет прогнозировать их развитие. Таким образом, целью предлагаемого исследования является изучение эволюции новейших вертикальных тектонических движений на основе структурно-морфометрического анализа рельефа Керченского полуострова, выявление структур и

областей, наиболее интенсивно развивающихся в настоящее время, а также установление связи современных тектонических движений и абразионно-оползневых процессов. Стадийность новейших тектонических движений определялась на основании предположения (Философов, 1975) о том, что водотоки высших порядков развиваются более длительное время и отражают алгебраическую сумму движений за промежуток времени от их заложения и до настоящего времени, в то время как водотоки низших порядков отражают движения за меньший промежуток времени и являются более молодыми, чем водотоки высших порядков. Таким образом, комплексный анализ базисных поверхностей различных порядков позволяет проследить развитие рельефа во времени, который, в свою очередь, отражает эволюцию роста новейших структур.

Фактический материал и методика исследования

Морфоструктурный анализ проводился на основе цифровой модели рельефа SRTM с разрешением 90 м. Поскольку в пределах Керченского полуострова нет развитой речной сети, а это, главным образом, либо пересыхающие водотоки, либо сухие балки, сеть водотоков для последующего анализа была

построена по той же цифровой модели рельефа с использованием алгоритмов выявления направления стока в элементарных ячейках согласно так называемой модели восьминаправленного стока, когда из восьми возможных направлений стока из ячейки выбирается направление с наибольшим значением градиента, с последующим определением величины суммарного стока для каждой ячейки раstra и отсечением пороговых значений (Jenson, Domingue, 1988). Этот алгоритм применяется в большинстве современных геоинформационных систем. В нашем случае была использована демонстрационная версия ГИС ArcMap.

Расчитанные таким образом водотоки были классифицированы на порядки согласно алгоритму, по которому порядок долины повышается только при слиянии двух водотоков одного порядка, а пересечение двух водотоков разных порядков не приводит к возрастанию порядка (Strahler, 1957; Философов, 1975 и др.) В ходе анализа рассматривались все водотоки, водосборный бассейн которых не менее 250–300 тыс. м². Таким водотокам присваивался первый порядок. Всего при заданных параметрах в пределах Керченского полуострова было выделено пять порядков водотоков. Наиболее распространены водотоки первого порядка, количество которых превышает 50% от общего числа. Водотоков пятого порядка очень мало, в их число входят обе постоянные реки Керченского полуострова – Самарли и Мерек-Чесме, а также несколько крупных балок с пересыхающими руслами (рис. 1).

Литологический состав пород, слагающих Керченский полуостров, преимущественно терригенный, песчано-глинистый. В целом здесь распространены осадочные породы меловой – четвертичной систем общей мощностью до 5 км, однако наибольшим распространением пользуются отложения майкопской серии олигоцена – нижнего миоцена мощностью до 3 км, представленные преимущественно бескарбонатными глинами с горизонтом песчаников в нижней части (Муратов, 1960). Эти отложения наиболее распространены в юго-западной части полуострова, а на северо-востоке полуострова они перекрываются глинами, переслаивающимися с известняками, конгломератами и брекчиями среднего и верхнего миоцена мощностью до 550 м, играющими здесь основную роль в формировании рельефа. Наличие достаточно мощных пластов известняков в глинах среднего миоцена и мшанковых рифов и прослоев ракушечных известняков среди глин мэотиса оказывает значительное влияние на характер рельефа, приводя к формированию характерных узких гряд, оконтуривающих обращенные антиклинальные складки в центральной части полуострова и гряды, сложенные мшанковыми рифами на северо-востоке. Поскольку такая литологическая неоднородность играет существенную роль в формировании рельефа, для последующего комплексного анализа

нами на основе государственных геологических карт СССР масштаба 1:200 000 (первая редакция) (Балакина, Самулева, 1973; Бобылев и др., 1973; Бобылев, Цейслер, 1973) построена карта эрозионной устойчивости (рис. 2). Поскольку без дополнительных исследований собственно эрозионную прочность горных пород, обозначенную Г.В. Бастрковым (1977) как отношение мощности размывающего потока к скорости размыва, определить невозможно, нами за коэффициент эрозионной устойчивости был принят показатель трудности разрушения горных пород – более универсальная характеристика, чем коэффициент крепости на сжатие (Ржевский, Новик, 1984). Соотношение между эрозионной прочностью и крепостью на сжатие для различных литологических типов пород было установлено Г.В. Бастрковым (1971). Корреляция между прочностью на сжатие и показателем трудности разрушения, а также соответствие этих коэффициентов различным типам горных пород были приняты нами по опубликованным таблицам (Горная энциклопедия, 1987).

Результаты исследования

На основании имеющихся исходных данных по модифицированному нами алгоритму для ГИС ArcMap, описанному И.И. Нгумановым с соавторами (2016), построен набор монобазисных и разностных поверхностей (Философов, 1975) для водотоков всех пяти выделенных порядков, а также остаточный рельеф, которые затем были проанализированы в комплексе с геологическими картами масштаба 1:200 000 (Балакина, Самулева, 1973; Бобылев и др., 1973; Бобылев, Цейслер, 1973) и составленной нами на ее основе карты эрозионной устойчивости. Для удобства описания выделенных нами структур на основании наименований структур Керченского полуострова, предложенных А.Д. Архангельским (1930) и последующими исследователями (Геология СССР, 1974), им присвоены условные наименования (рис. 1).

Наиболее древний рельеф Керченского полуострова отражается в монобазисной поверхности, построенной по долинам водотоков пятого порядка (рис. 3). Развитие современного рельефа полуострова началось с образования почти изометричного поднятия в его центральной части с центром, расположенным в районе Селезневской антиклинали в восточной части Слюсаревско-Селезневского поднятия. Истинные размеры и возраст данного поднятия достоверно определить сложно, однако косвенным подтверждением его формы и размеров, а также возраста может служить распространение, скорее всего, по его краю верхнеплиоценовых отложений куяльницкого горизонта в пределах Керченской, Чегерчинской, Камыш-Бурунской и Эльтигенской (по А.Д. Архангельскому) синклиналей (рис. 3). При этом обращает на себя внимание то, что современные гипсометри-



Рис. 2. Карта эрозионной устойчивости пород Керченского полуострова, построенная на основании Государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000. Показатель трудности разрушения горных пород, по (Ржевский, Новик, 1984)

ческие отметки изобазит, по которым поднятие ограничивается куяльницкими отложениями, больше на северо-востоке и меньше на западе, что может служить косвенным показателем того, что северо-восток полуострова испытал поднятие в ходе последующих этапов неотектонического развития, в то время как западная часть полуострова оставалась относительно стабильной.

Дальнейшее развитие рельефа отражается в монобазисной поверхности четвертого порядка (рис. 4). На этом этапе основное поднятие приобретает вытянутую форму восток-северо-восточного простирания, резко отличающегося от более древнего структурного плана, для которого более характерна субширотная ориентировка осей складок. Как видно по разностной поверхности между монобазисными поверхностями четвертого и пятого порядков (рис. 4), а также на профиле (рис. 5), наиболее интенсивное воздымание на этом этапе продолжалось в центральной и восточной частях полуострова. В это время обособляются Джау-Тепское и Слюсаревско-Селезневское поднятия, разделенные развивающейся как антицедентная долиной р. Самарли и долинами крупных балок, впадающих в Узунларский залив. В районе собственно Узунларского залива происходит интенсивный размыв рельефа. На северо-востоке полуострова, в центральной части продольного профиля Керченской синклинали начинает развиваться Бурашско-Караминское поднятие, а на юге обособляются Коп-Кочегенские поднятия. По всей вероятности, поднятие, выделенное по водотокам четвертого порядка, маркируется средне- и верхнеплейстоценовыми отложениями по его периферии. О развитии рельефа и интенсивности тектонических движений вдоль северо-восточного побережья полуострова на этом этапе судить невозможно из-за отсутствия там водотоков соответствующего порядка.

Анализ монобазисной поверхности, построенной по долинам водотоков третьего порядка, а также разностной поверхности монобазисных поверхностей третьего и четвертого порядков (рис. 6) позволяет сделать вывод, что с началом формирования водотоков третьего порядка неотектонический структурный план вновь изменился. С этого времени воздымание поверхности начинает преобладать в восточной и северо-восточной частях полуострова, в то время как в западной и центральной частях интенсивность воздымания падает. Так, значения разностной поверхности, отражающей суммарную амплитуду изменения рельефа между базисными поверхностями, в пределах центральных частей Джау-Тепского и Слюсаревско-Селезневского поднятий составляют первые метры, в то время как в северо-восточной части Слюсаревско-Селезневского и в пределах нового, появившегося в районе Чанлугарской антиклинали поднятия, отделенного от Слюсаревско-Селезневского поднятия долиной антицедентного характера, эта амплитуда составляет уже порядка 30 м, а на Осовинском поднятии, расположенном на самом северо-востоке полу-

острова, она составляет уже порядка 50 м. В это же время вдоль восточного побережья полуострова развиваются Тобечикские поднятия и поднятия в районе мыса Такиль с суммарными амплитудами изменения рельефа 40–50 м. Продолжают расти Коп-Кочегенские поднятия, но с меньшими амплитудами, чем ранее. Повышенные по отношению к центральной части Джау-Тепского поднятия амплитуды изменения рельефа на водоразделах его южного склона, вероятнее всего, свидетельствуют о некоторой активизации вертикальных движений в пределах Узунларской равнины. Развитие обособленных поднятий происходило на фоне параллельного развития разделяющих их долин, что хорошо видно на профиле (рис. 5) и по близким к нулю или отрицательным значениям разностной поверхности в пределах этих долин, свидетельствующих об активной эрозии. Осредненный общий тренд вертикальных неотектонических движений, отражающий активное воздымание восточной и северо-восточной частей в этот период формирования рельефа Керченского полуострова, отображен жирными горизонталями (рис. 6).

Дальнейшая история рельефа полуострова отражена в монобазисной поверхности, построенной по долинам водотоков второго порядка (рис. 7). Анализ этой поверхности показывает, что Джау-Тепское поднятие испытывало слабое воздымание вместе со своими периферийными частями, включающими в себя Узунларскую равнину и Чегерчинскую впадину. Вместе с этим размывались склоны Джау-Тепского поднятия, а также весьма активно врезалась долина р. Самарли. Центральная часть Слюсаревско-Селезневского поднятия не испытывала существенных вертикальных движений, однако на его северном склоне начинает активно развиваться Новониколаевское поднятие, прорезаемое антицедентной долиной балки Зеленый Яр (Кара-Джилга). Продолжали быстро расти Тобечикские поднятия и менее активно – поднятия в районе мыса Такиль и Коп-Кочегенские поднятия, причем на самом мысе Такиль шла сильная эрозия рельефа. Менее интенсивно развиваются поднятия и северо-восточного побережья полуострова, причем в районе Осовинского поднятия активно эродировалась береговая зона (рис. 5). В целом общий тренд преобладания интенсивного воздымания восточной и северо-восточной частей полуострова сохранялся (рис. 7).

Анализ монобазисной поверхности, построенной по долинам водотоков первого порядка, показывает (рис. 8), что на заключительных этапах формирования рельефа Керченского полуострова воздымание в его западной и центральной частях прекращается. Структурно-морфометрический метод не позволяет выявлять новейшие опускания, однако по разностной поверхности первого и второго порядков видно, что в центральных частях Джау-Тепского и Слюсаревско-Селезневского поднятий общее приращение рельефа равно нулю. Незначительные значения приращения рельефа

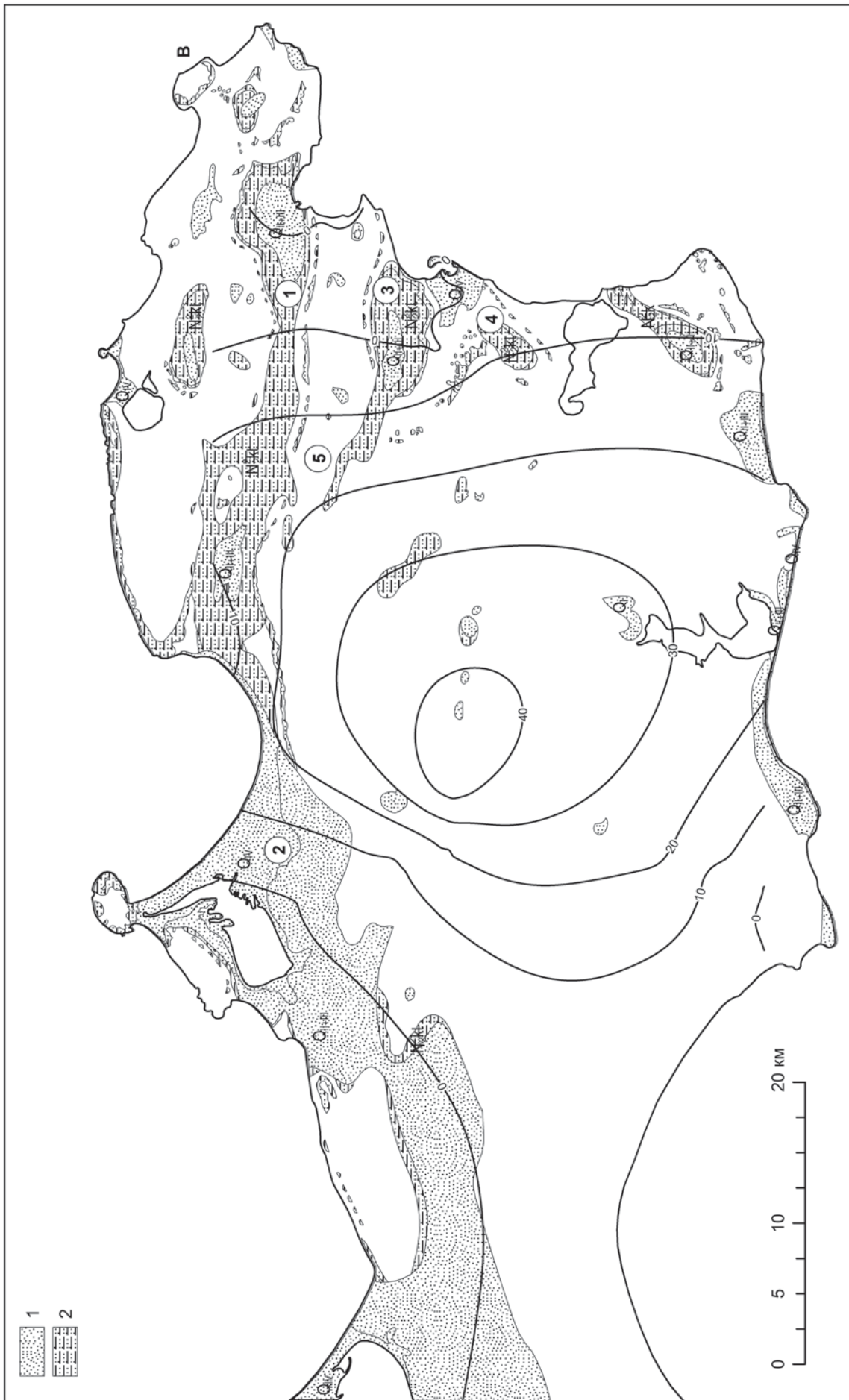


Рис. 3. Монобазисная поверхность, построенная по долинам водотоков пятого порядка (изолинии). Гипсометрические отметки изобазит современных: 1 — глины и пески киммерийского и куяльницкого ярусов плиоцена, 2 — ракушечники, пески и суглинки среднего и верхнего неоплейстоцена, пески и глины голоцена. Цифрами на карте обозначены: 1 — Керченская синклиналь, 2 — Четвергинская синклиналь, 3 — Камыш-Бурунская синклиналь, 4 — Эльтигенская синклиналь, 5 — Чанлугарская антиклиналь

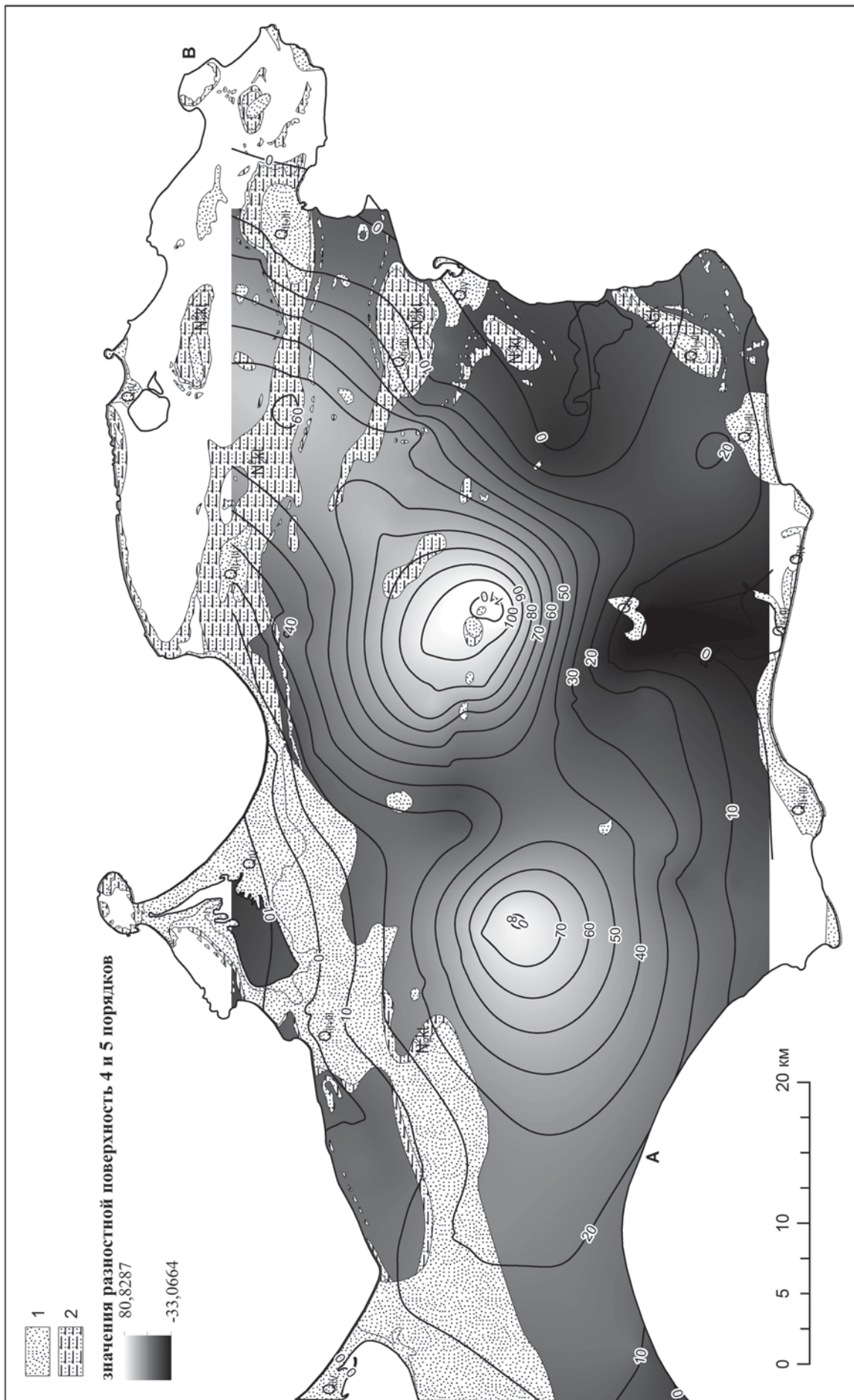


Рис. 4. Монобазисная поверхность, построенная по долинам водотоков четвертого порядка (изолинии). Гипсометрические отметки изобазит современные: 1 – глины и пески киммерийского и кузальницкого ярусов плиоцена, 2 – ракушечники, пески и суглинки среднего и верхнего неоплейстоцена, пески и глины голоцена. Градиентной заливкой отображена разностная поверхность, построенная по монобазисным поверхностям пятого и четвертого порядков

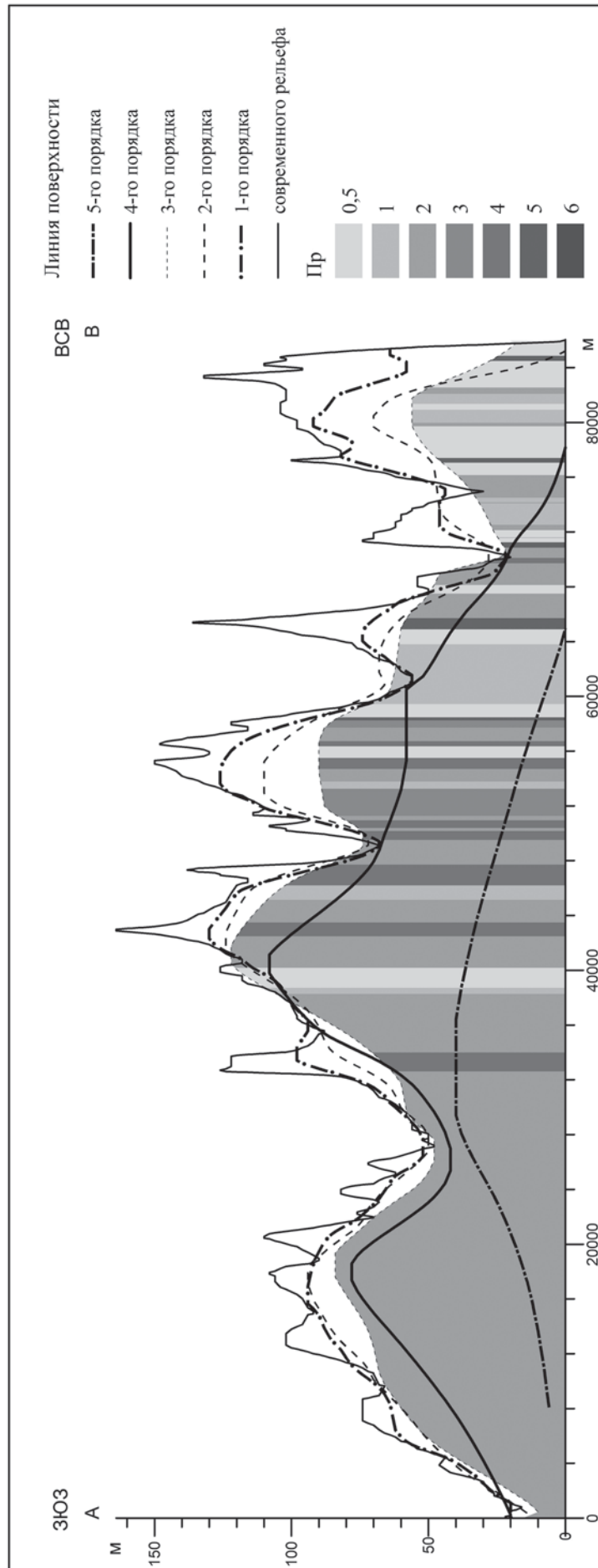


Рис. 5. Геоморфологический профиль по линии А–В (рис. 1). Пр – показатель трудности разрушения горных пород, по (Ржевский, Новик, 1984).

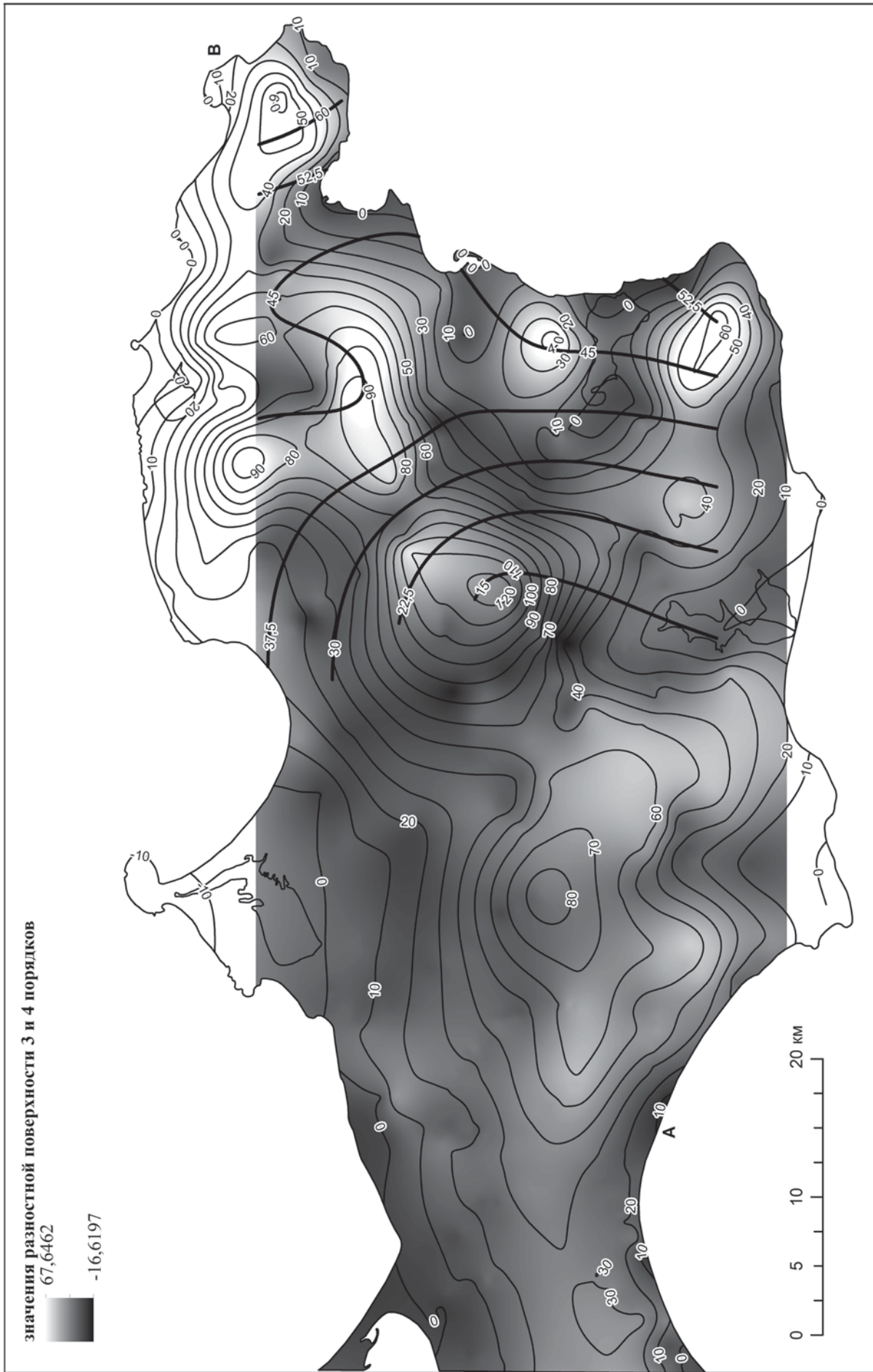


Рис. 6. Монобазисная поверхность, построенная по долинам водоколов третьего порядка (изолинии). Гипсометрические отметки изобазит современные. Градиентной заливкой отображена разностная поверхность, построенная по монобазисным поверхностям четвертого и третьего порядков. Жирными изолиниями показан осредненный общий тренд вертикальных неотектонических движений, построенный по разностной поверхности

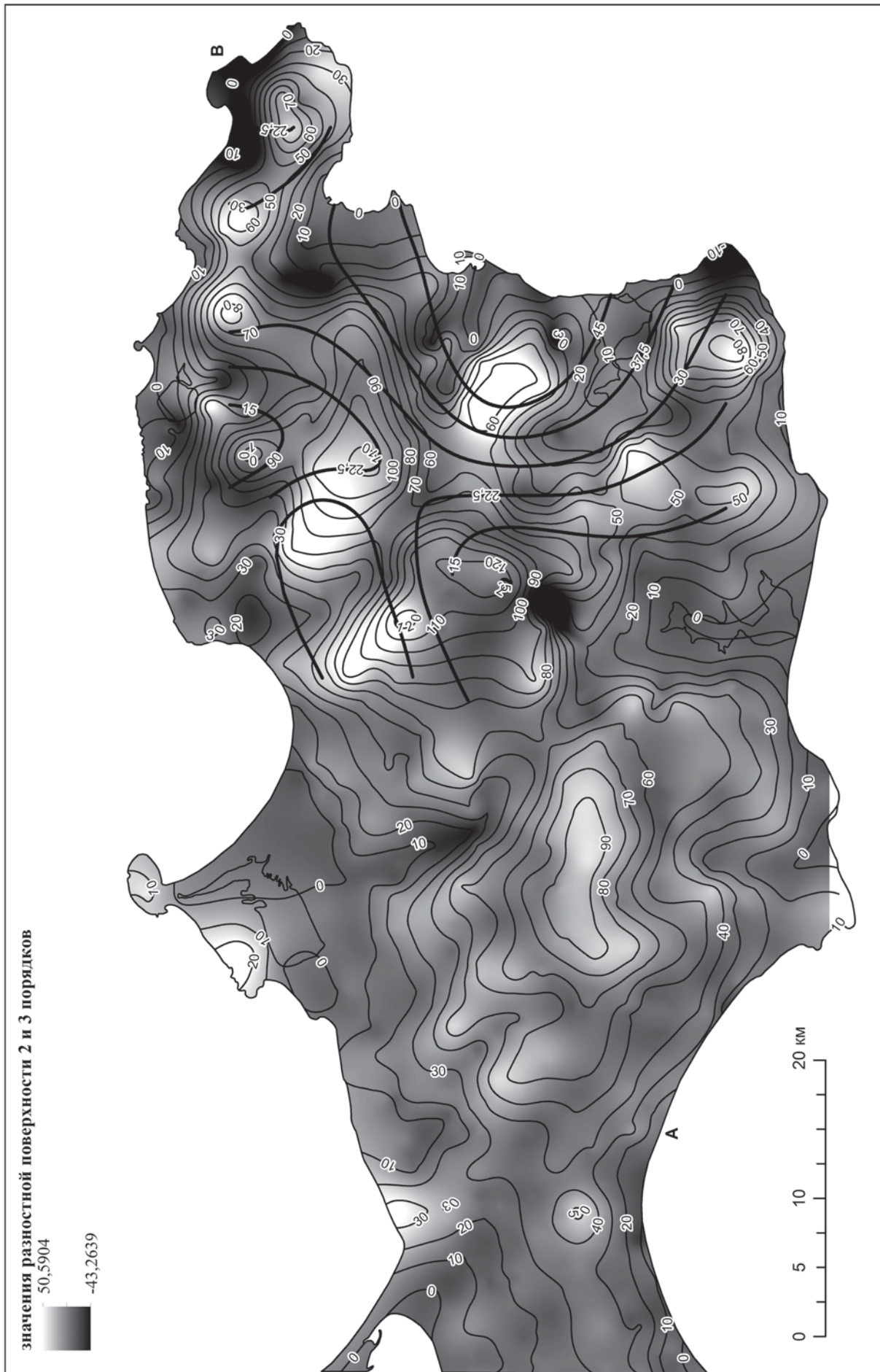


Рис. 7. Монобазисная поверхность, построенная по долинам водотоков второго порядка (изолинии). Гипсометрические отметки изобазит современных. Градиентной заливкой отображена разностная поверхность, построенная по монобазисным поверхностям третьего и второго порядков. Жирными изолиниями показан осредненный общий тренд вертикальных неотектонических движений, построенный по разностной поверхности

отмечаются на водоразделах периферийных частей этих поднятий, что скорее свидетельствует об их денудации. Отрицательные значения разностной поверхности почти вдоль всего северного побережья полуострова свидетельствуют о преобладании эрозионных процессов и начале абразии берегов. Наибольшие отрицательные значения разностной поверхности отмечаются в районе Каменского поднятия, на мысе Казантип, в восточной части Казантипского залива, на северо-восточной оконечности полуострова, южнее мыса Фонарь. Отрицательные значения разностной поверхности фиксируются вдоль берегов Тобечикского озера, южнее мыса Такиль, что также может свидетельствовать о преобладании абразии берегов в этих местах. Значительная отрицательная аномалия разностной поверхности есть и в районе Керчи, в руслах балок, впадающих в р. Мерек-Чесме. Однако эта аномалия может быть связана с литологическим фактором, так как борта этих балок сложены мшанковыми известняками мэотического возраста, показатель трудности разрушения которых в несколько раз превышает этот показатель для вмещающих их пород. Как видно на профиле (рис. 5), скрытый остаточный рельеф, обусловленный литологией и различным показателем трудности разрушения пород, начинает играть в это время заметную роль. Так, вертикальная амплитуда некоторых поднятий, например Коп-Кочегенских, может в значительной степени быть обусловлена именно этим фактором. Из развивающихся поднятий, амплитуда которых, скорее всего, не связана с литологическим фактором, следует отметить Тобечикские, Бурашско-Каменское и Осовинское. Общий тренд к преобладанию воздымания в северо-восточной части полуострова сохраняется (рис. 8).

Остаточный рельеф, развитый выше водотоков первого порядка, в значительной степени обусловлен различным литологическим составом пород и разными показателями трудности их разрушения (рис. 9). Однако следует отметить, что сохраняется тенденция увеличения амплитуды остаточного рельефа с юго-запада на северо-восток (рис. 5). Кроме этого, на восточном побережье в остаточном рельефе проявляются поднятия со значительными амплитудами, не связанные с показателем трудности разрушения слагающих их пород. К таким поднятиям можно отнести Осовинское и поднятия в районе мыса Такиль. Это может свидетельствовать о сохранении на современном этапе тенденции воздымания северо-восточной части Керченского полуострова. Отрицательные значения остаточного рельефа южнее мыса Ак-Бурун, в восточной части Казантипского залива, свидетельствуют о преобладании здесь процессов абразии берегов. Отрицательные значения остаточного рельефа вдоль северо-западного и северо-восточного побережья в большинстве случаев связаны со скальными выходами известняков и мшанковых рифов, хотя в некоторых местах, например в районе мыса Фонарь, это может быть обусловлено только абразией.

Обсуждение результатов

Сопоставление результатов структурно-морфологического анализа показало достаточно хорошую корреляцию с данными, полученными экспедицией Ростовского университета в береговой зоне Крымского полуострова с целью выявления участков развития абразионно-оползневых процессов (Отчет..., 2015). Между Сивашским и Казантипским заливами берега подвержены значительной абразии, что связано с крутыми склонами и литологическим составом слагающих берег пород. Здесь береговой уступ отступает со скоростью 0,1 м в год, далее к востоку, где высота побережья увеличивается до 30 м, скорость абразии достигает до 0,3–0,4, а иногда и до 0,5–2 м в год (Отчет..., 2015). Пляжа практически нет, известняки выходят непосредственно у уреза воды, поэтому возможно появление оползней блокового типа. Такой же абразионный рельеф свойствен и береговой зоне п-ва Казантип, где на крутых и обрывистых склонах, сложенных мшанково-водорослевыми известняками, образуются многочисленные оползни, особенно на северной стороне полуострова. На восточном побережье Казантипского залива наблюдается абразия берегового уступа до 0,1 м в год (Отчет..., 2015). Все эти данные хорошо согласуются с результатами анализа монобазисной поверхности первого порядка и остаточного рельефа (рис. 7 и 8).

Согласно морфометрическому анализу, северное и северо-восточное побережья Керченского полуострова в настоящий момент испытывают воздымание, что является причиной интенсивной абразии в данном районе. На мысе Зюк клиф высотой около 10 м отступает со скоростью 2,2 м в год (Отчет..., 2015), а в бухте Рифов в результате активной абразии формируются оползневые тела, блоки отседания и обвалы. Оползневые склоны характерны и для побережья южнее мыса Фонарь, где высота склона, сложенного суглинками, иногда известняками с подстилающими их сарматскими глинами, достигает 15–30 м высоты. Активная денудация береговой зоны выявляется здесь и на основании анализа базисной поверхности первого порядка (рис. 8).

На востоке полуострова береговая зона в районе оз. Тобечикское в настоящее время испытывает погружение (Отчет..., 2015). Здесь наблюдается чередование берегов, испытывающих абразионные и аккумулятивные процессы. Для абразионных участков характерны оползни, возникновение которых связано с литологией береговых уступов, сложенных глинами и известняками. Морфометрический анализ не позволяет выявлять отрицательные тектонические движения, однако интенсивная денудация рельефа северного берега Тобечикского озера устанавливается по монобазисной поверхности первого порядка. На побережье от мыса Малый Маяк до мыса Такиль значительное развитие получили экзогенные гравитационные процессы на береговых уступах, сложенных глинами, такие как

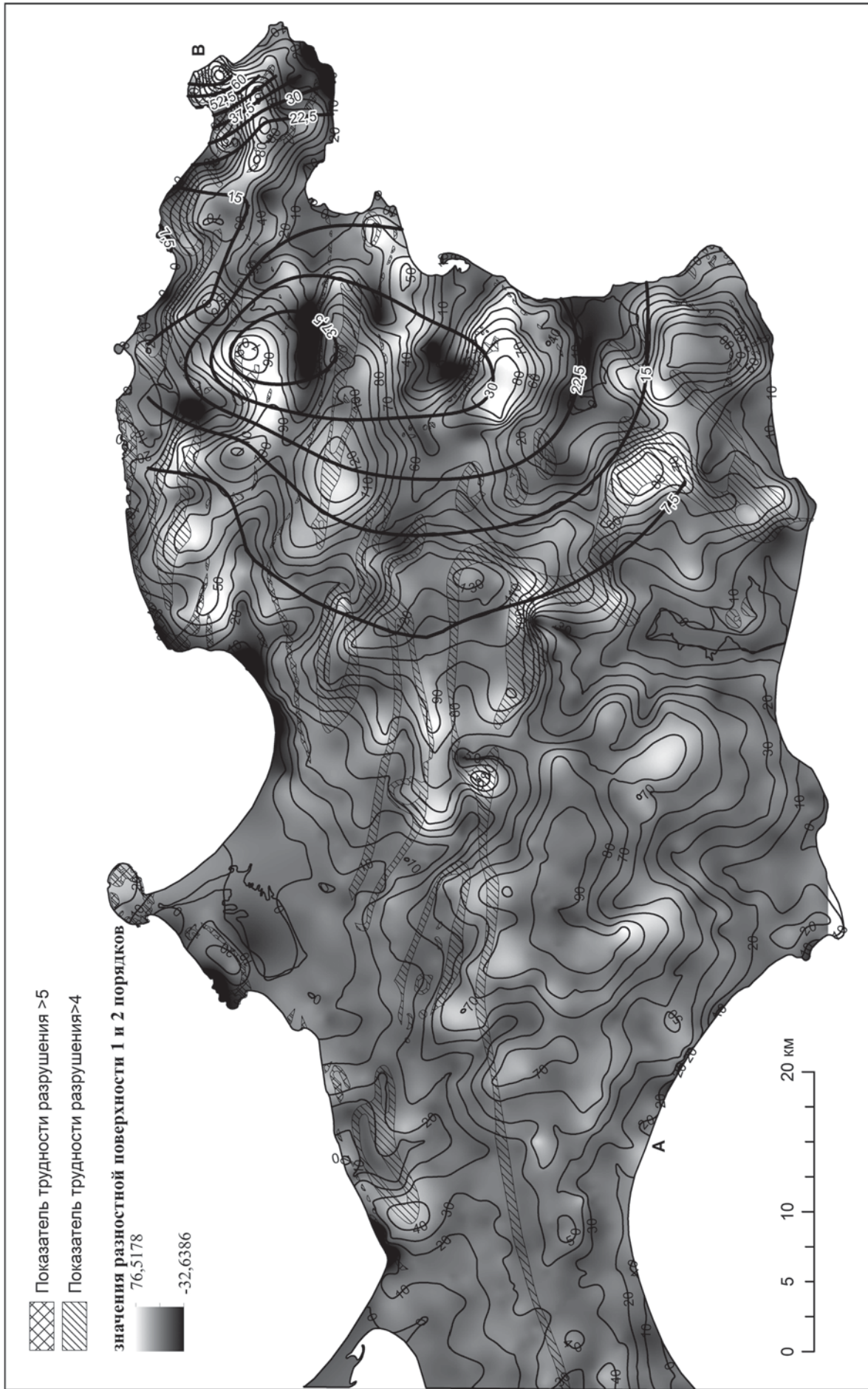


Рис. 8. Монобазисная поверхность, построенная по долинам водотоков первого порядка (изолинии). Гипсометрические отметки изобазит современные. Градиентной заливкой отображена разностная поверхность, построенная по монобазисным поверхностям второго и первого порядков. Жирными изолиниями показан усредненный общий тренд вертикальных неотектонических движений, построенный по разностной поверхности

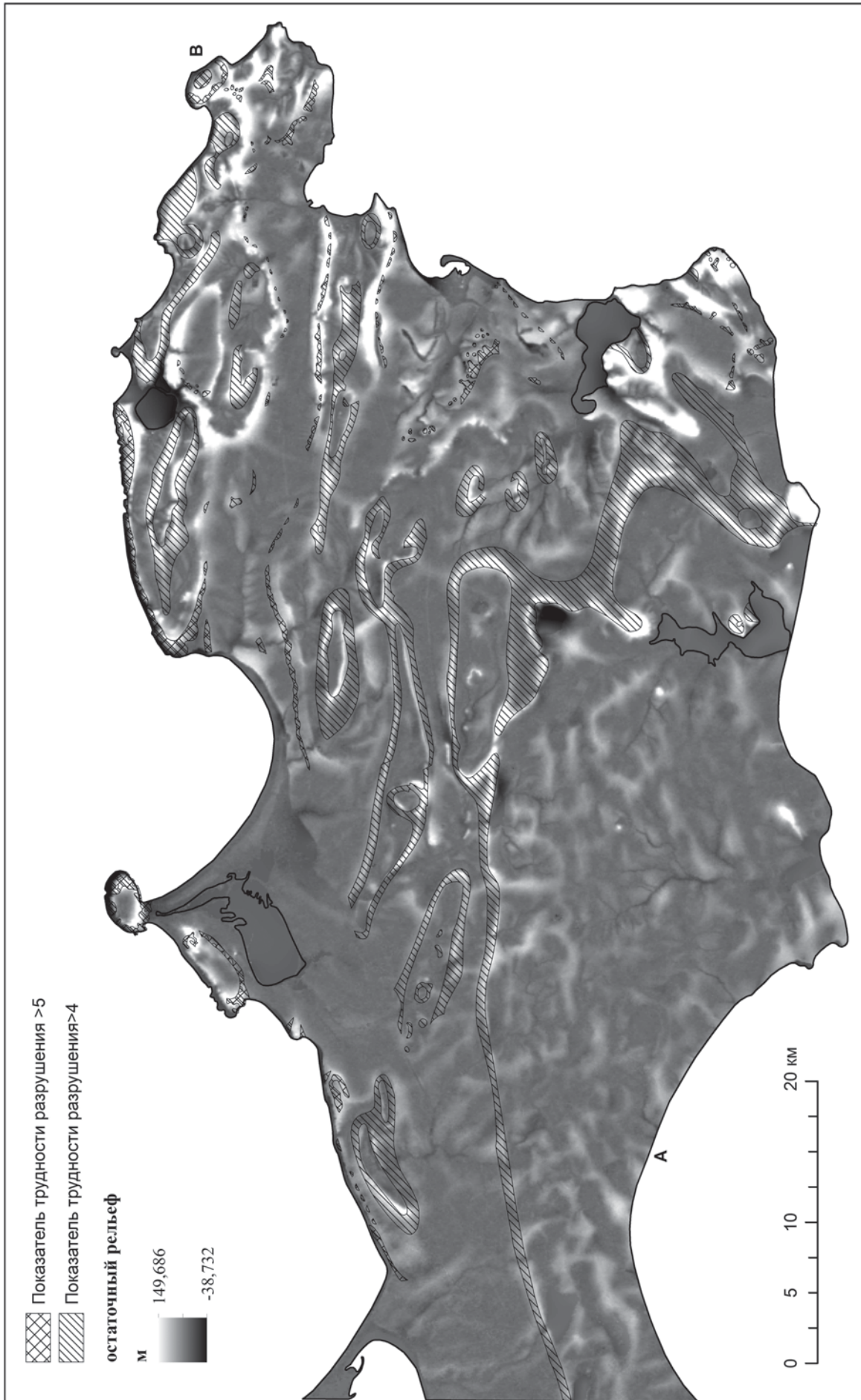


Рис. 9. Остаточный рельеф Керченского полуострова

оползни-оплывины, обвалы, блоки отседания, которые могут перемещаться в горизонтальном и вертикальном направлении на 150 и 50 м за сутки (Отчет..., 2015). Эти процессы хорошо согласуются в выявленном в результате морфометрического анализа тектоническим воздыманием в районе мыса Такиль на этапе формирования остаточного рельефа.

На мысе Опук хорошо известен Опукский оползень блокового типа, когда известняки сползают по глинам, представляющим собой водоупор. Этому также способствуют крутые склоны и абразия берега. По результатам морфометрического анализа мыс Опук, возможно, испытывает в настоящее время воздымание (рис. 7 и 8), однако говорить об этом с уверенностью нельзя, так как на формирование рельефа здесь значительное влияние оказывает литологический состав слагающих мыс пород.

На юге полуострова, в береговой полосе вдоль Феодосийского залива вскрываются преимущественно глинистые породы майкопского возраста и при даже незначительной абразии создаются условия для схода оползней, причиной которых является литологический фактор. Скорость абразии достигает 0,1 м в год (Отчет..., 2015). Преобладание денудации рельефа на заключительных этапах его формирования в восточной части Феодосийского залива показано по результатам морфометрического анализа.

Заключение

На основании структурно-морфометрического анализа выявлена стадийность развития новейших структур Керченского полуострова. Показано, что на начальных этапах неотектонического развития полуострова наиболее активное воздымание и рост неотектонических структур происходили в восточной и центральной частях полуострова, в то время как на завершающих этапах наиболее активному поднятию подвергались северо-восточная и восточная его части. Наиболее молодые тектонические процессы, оказывающие наибольшее влияние на развитие опасных гравитационных процессов, отражаются в рельефе на стадии формирования долин водотоков первого порядка и позднее. Морфометрический анализ этого рельефа позволяет выявлять области, наиболее подверженные таким процессам. Современная тектоническая активность северо-восточной части полуострова способствует активизации гравитационных процессов на склонах балок и в береговой зоне.

Результаты структурно-морфометрического анализа хорошо согласуются с полевыми наблюдениями абразионно-оползневых процессов в береговой зоне Керченского полуострова, что свидетельствует о перспективности применения структурно-морфометрического метода при их прогнозировании.

ЛИТЕРАТУРА

Архангельский А.Д. и др. (сост.). Краткий очерк геологического строения и нефтяных месторождений Керченского полуострова // Тр. Главного геологоразведочного управления ВСНХ СССР. Вып. 13. М.; Л.: Геологическое изд-во Главного геологоразведочного управления, 1930. 146 с.

Балакина А.А., Самулева В.И. Государственная геологическая карта СССР. Серия Крымская, масштаб: 1:200 000. Листы L-37-XIX, XXV / Ред. М.В. Муратов. Трест «Днепргеология», трест «Крымнефтегазразведка», 1973.

Бастраков Г.В. Эрозионная прочность горных пород // Геоморфология. 1977. № 2. С. 52–55.

Бобылев В.В., Балакина А.А., Муратов М.В. Государственная геологическая карта СССР. Сер. Крымская, масштаб: 1:200 000. Лист L-36-XXX / Ред. М.В. Муратов. МГРИ, трест «Днепргеология», 1973.

Бобылев В.В., Цейслер В.М. Государственная геологическая карта СССР. Сер. Крымская, масштаб: 1:200 000. Лист L-36-XXIV / Ред. М.В. Муратов. Трест «Днепргеология», МГРИ, 1973.

Геология СССР. Т. VIII. Крым. Полезные ископаемые / Ред. М.В. Муратов, Н.И. Черняк. М.: Недра, 1974. 208 с.

Горная энциклопедия / Ред. Е.А. Козловский. Т. 3. Кенган — Орт. М.: Советская энциклопедия, 1987. 592 с.

Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 207 с.

Неуманов И.И., Неуманова Е.В., Чернова И.Ю. Основы морфометрического метода поиска неотектонических структур. Казань: Казанск. ун-т, 2016. 53 с.

Отчет по экспедиции в береговой зоне в районе Азовского моря в районе интенсивной абразии (21–29 мая 2015 г.) / Науч. рук. Д.Г. Матишов, нач. экспедиции А.Е. Цыганкова и др. Ростов-на Дону, 2015. 47 с.

Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1984. 359 с.

Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1975. 232 с.

Jenson S.K., Domingue J.O. Extracting topographic structure from digital elevation data for Geographic Information System analysis // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1988. Vol. 54, N 11. P. 1593–1600.

Strahler A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology // Trans. Amer. Geophys. Union. 1957. Vol. 38, N 6. P. 913–920.

Сведения об авторах: Симонов Дмитрий Андреевич — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, e-mail: dsim_0@mail.ru; Брянцева Галина Владимировна — канд. геол.-минерал. наук, доц. каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, e-mail: bryan.bryan@yandex.ru