

ГЕОЭКОЛОГИЯ (НАУКИ О ЗЕМЛЕ)

УДК 551.24;551.432

**Структурно-геоморфологическая зональность
Владимирско-Нижегородского региона
и ее геоэкологическое значение****И.В. Коробова**

Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН

101000, Москва, Уланский пер. 13, стр. 2. E-mail: irakorv@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 4 декабря 2020 г.)

Во Владимирско-Нижегородском регионе исследованы цикличность рельефа, неотектонические структуры, геодинамически активные зоны (ГДАЗ) и экзогенные геологические процессы. В рельефе впервые выделено шесть поверхностей выравнивания и рассмотрено строение четырех надпойменных террас. Их анализ позволил выделить в регионе разнотипные по простиранию неотектонические структуры и классифицировать их на три неотектонических района. Границами этих районов являются ГДАЗ, которые рассматриваются как секущие, наложенные и сдвиговые. На основе цикличности рельефообразования рассчитаны суммарные за новейший этап и постадийные амплитуды и скорости деформаций. Характерным является увеличение скоростей поднятий с миоцена поныне. Интенсивное развитие суффозионно-карстовых процессов тяготеет к определенным типам рельефа и зонам нарушений, которые рассматриваются как опасные и геоэкологически значимые для территорий ответственных инженерных объектов.

Ключевые слова: *геодинамически активные зоны, неотектоника, террасы, поверхности выравнивания.*

DOI: 10.17072/psu.geol.20.1.63

Введение

Владимирско-Нижегородский регион расположен в низовье крупных бассейнов рек Оки и Клязьмы и участка Волги. В него входит Окско-Муромская, включая Суворощскую, Балахнинская эрозионно-аккумулятивная низины и Приволжская эрозионно-денудационная возвышенность (рис. 1). Балахнинская низина к северу переходит в Ветлужскую возвышенность. В аспекте древней тектоники этот регион отвечает сопряжению Токмовского докембрийского свода и Московской палеозойской синеклизы (Государственная ..., 1999). В рассматриваемом регионе основной долиной является Ока с впадающими в нее реками: Клязьмой, Кишмой, Сережей и др. Река проявляет устойчивую тенденцию к смещению вправо по правилу Бэра-Бобине. Подмывание приводит к формированию высокого правобережного обрывистого уступа,

развитию оползней, суффозии и карста. На отдельных участках эти процессы приобретают особенно интенсивный характер развития, что отрицательно сказывается на оценках безопасности площадок ответственных инженерных сооружений (Макеев, 2015). К примеру, в 2013-2014 гг. Росатомом было принято решение об приостановке строительства Нижегородской АЭС в связи с активностью суффозионно-карстовых процессов.

В разные годы структурно-геоморфологическими, неотектоническими и геодинамическими исследованиями платформенных территорий и в т.ч. Владимирско-Нижегородского региона занимались Макаров В.И. (2003) и Бабак В.И. (1984). В настоящее время исследования проводятся Макаровой Н.В. (2012), Макеевым В.М. (2015, 2019) и целым рядом исследователей. Эти работы направлены на выявление цикличности рельефообразования, стадийности развития структурных форм и, что важно, на определение *при-*

чин, приводящих к появлению интенсивных геологических процессов, значимых в геоз-



Рис. 1. Владимирско-Нижегородский регион. Рамкой показан Окско-Кишменский район детальных исследований

кологическом отношении. Экзогенные процессы Приволжской возвышенности, в частности суффозионно-карстовые, в настоящее время успешно изучаются Аникеевым А.В. (2017), Толмачевым В.В., Гантовым Б.А. (2004) и др.

С конца XIX в. и поныне низовье рр. Оки и Клязьмы интенсивно развивается экономически. В последние десятилетия антропогенные нагрузки на геологическую среду резко увеличилась (АЭС, гидротехнические сооружения, химическая промышленность, трубопроводы, технопарки и т.п.). В связи с этим, актуальным являются выделение и оценка неотектонических структур, современной ее составляющей, включая геодинамически активные зоны. С ними связываются невысокая по магнитуде, но регулярная сейсмичность, суффозия, карст и др. негативные процессы, которые могут вызвать появление опасных кренов и осадок у зданий и сооружений. Если учесть, что предельно допустимые наклоны оснований у реакторных отделений минимальны и не должны превышать 0,001 (НП-064-17), то подобные зоны и процессы могут рассматриваться как геозкологически значимые.

Методологической основой исследований являются представления о преимущественном развитии структур изгибаемого типа над разрывными (Макаров и др., 2003, 1996; Beau В. и др, 2015), или блоковыми. На

древних платформах эти структуры являются очень пологими – их амплитуда составляет не более 10 м на километр расстояния, что не создает достаточных условий для появления разломов. Но, несмотря на это, в них выявляется высокая активность геологических процессов, причина которой – особенности развития платформенных деформаций в виде структурно-перекрестного плана и суперпозиции разнородных напряжений. Это приводит к появлению мало- или безамплитудных зон нарушений: геодинамически активных зон (Макаров В.И. и др., 2003), блокоразделов (Бабак В.И. и др., 1984), диаклазовых швов (Несмеянов С.А. и др., 1971). Их выявление основано на структурно-геоморфологическом и геодинамическом методах с привлечением геологических и топографических карт, спутниковых снимков высокого разрешения (Bing maps) и полевых наблюдений (Макаров В.И. и др., 2003; Макарова Н.В. и др, 2012; Макеев В.М. и др., 2016, Коробова И.В. и др., 2013).

С целью выявления геозкологически значимых зон и определения причин их развития рассмотрены донеотектонический (палеозойский) субстрат, неотектонические структуры, постадийные амплитуды и скорости деформаций.

Строение древнего (палеозойского) субстрата

Во Владимирско-Нижегородском регионе поверхность кристаллического фундамента снижается от вершины Токмовского поднятия в сторону Московской синеклизы с отм. -100 м до -2000 м и глубже (Госуд., 1999, 2018) (рис. 2). На кристаллических породах архей-раннепротерозойского возраста залегают среднедевонские терригенные отложения, смятые вместе с поверхностью фундамента в пологие складки, нарушенные вертикальными разрывами. На них со структурным несогласием лежат позднедевонские терригенно-доломитовые отложения с моноклинальным типом строения. В свою очередь, они с небольшим несогласием перекрываются известково-доломитовыми каменноугольными отложениями. Осадочный разрез завершается ангидрито-доломито-терригенными отложениями пермского возраста.

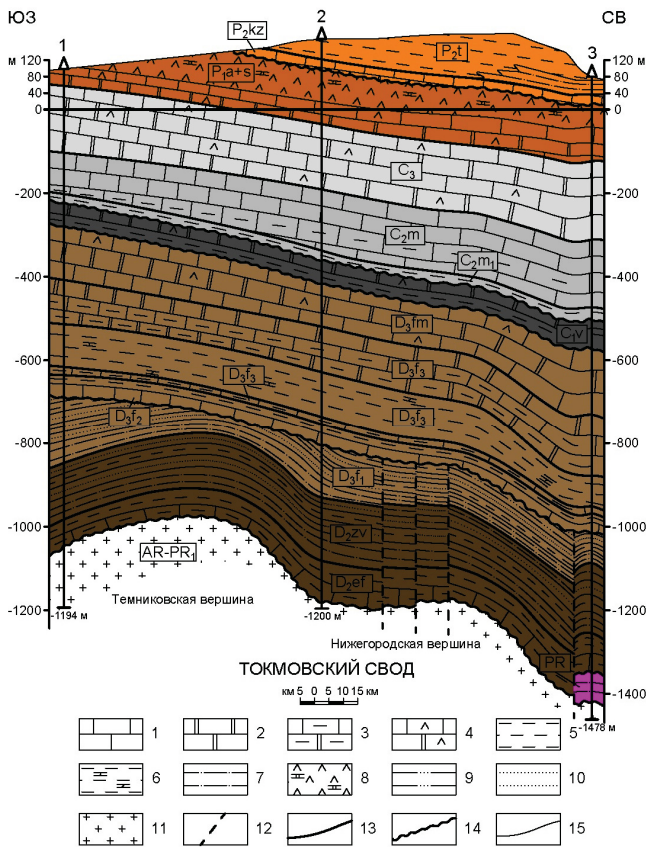


Рис. 2. Геологический разрез, построенный по данным буровых скважин №1 (Теньгушевская), 2 (Балахонихская), 3 (Кстовская). Местоположение разреза см. на рис. 3: 1 – известняки, 2 – доломиты, 3 – известняки, доломиты с тонкими прослоями аргиллитов; 4 – известняки, доломиты с прослоями и гнездами аргиллитов; 5 – аргиллиты, глины с редкими прослоями песчаников; 6 – аргиллиты, глины с тонкими прослоями известняков и мергелей; 7 – песчаники, алевролиты с тонкими прослоями аргиллитов; 8 – ангидриты с прослоями доломитов; 9 – песчаники глинистые; 10 – пески, песчаники, алевролиты; 11 – кристаллические породы фундамента; 12 – разломы; геологические границы: 13 – согласные, 14 – несогласные, 15 – литологические (вещественные). Возрастные индексы (сверху вниз по разрезу): P₂t – татарский ярус верхнего отдела перми с уржумским горизонтом; P₂kz – казанский ярус верхнего отдела перми; P₂a+s – асельская и сакмарская свиты нижнего отдела перми; C₃ – нерасчлененные отложения верхнего карбона; C₂m^{ks+pd+mč} – московский ярус, каширский, подольский и мячковский горизонты среднего карбона; C₂m₁^{vr} – нижнемосковский подъярус, верейский горизонт среднего карбона; C₁v^{ok} – верхневизейский подъярус окский надгоризонт, нижний карбон; C₁v^{bb+tl} – визейский подъярус,

бобриковский и тульский горизонты нижнего карбона; D₃fm – фаменский подъярус верхнего девона; D₃f₃^{ev-lv} – евлановский и ливенский горизонты верхнефранский подъярус верхнего девона; D₃f₃^{vr} – воронежский горизонт верхнефранский подъярус верхнего девона; D₃f₃^{re} – франский ярус верхний верхнего девона; D₃f₂ – франский ярус средний подъярус верхнего девона; D₃f₁ – франский ярус нижний подъярус верхнего девона; D₂zv – живетский ярус среднего девона; D₂ef – эйфельский ярус среднего девона; AR – PR₁ – архей – нижний протерозой

В мезозойское и новейшее время осадконакопление не происходило, поскольку рассматриваемый регион испытал поднятие, осложняемое образованием конэрозионных поднятий и прогибов. В этих условиях принципиальным оказался четвертичный этап, во время которого формировались моренные суглинки, зандровые и аллювиальные равнины. В это время сложился рельеф, наблюдаемый ныне, и активизировались экзогенные процессы.

Региональные неотектонические структуры

Владимирско-Нижегородский регион включает разные по морфологии и простиранию неотектонические поднятия и прогибы (рис. 3). Важным геоморфологическим признаком неотектонических движений является цикличность рельефа. Для поднятий характерно развитие преимущественно эрозионно-денудационных ступеней, для прогибов – наследование их долинами рек и террасами. Неотектонический этап на рассматриваемой территории начался с врезания в среднемиоценовую поверхность позднемиоценовой и формирования в прогибах коррелятных ей отложений

В северо-западной части Приволжского поднятия выделены Павловское, Мухотловское (Степуринское), Ардатовское поднятия субширотного простирания и Монаковская ступень, как продолжение в западном направлении Павловского поднятия. Прогибами являются Тешинский и Сержинский. У этих структур, как правило, наблюдается асимметрия: северные крылья поднятий являются более крутыми, чем юж-

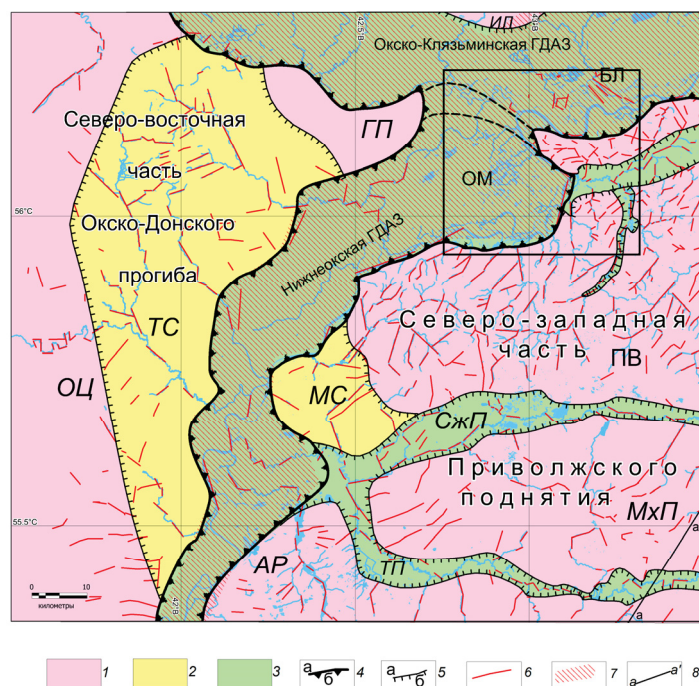


Рис. 3. Неотектонические структуры Владимирско-Нижегородского региона: 1 – поднятия: Пв – Павловское, О-Ц – Окско-Цнинское, ГП – Гороховецкое, ИЛ – Ильинское, МхП – Мухтоловское (Стенуринское), АР – Ардатовское; 2 – ступени: МС – Монаковская и ТС – Татаровская; 3 – прогибы: ОМ – Окско-Муромский, БЛ – Балахнинский, СжП – Серезинский, ТП – Тешинский; 4 – главная граница: а) поднятие, б) прогиб; 5 – локальная (второстепенная) граница: а) поднятие, б) прогиб; 6 – линейменты; 7 – геодинамически активные зоны (ГДАЗ): Нижнеокская и Окско-Клязьминская; 8 – линия геологического разреза (см. рис. 2); двойной пунктирной линией показана граница сочленения разнотипных прогибов и ГДАЗ, квадратом выделен Окско-Кшименский район

ные. Это указывает на влияние глубинной сдвиговой составляющей, возможно, тектоно-гравитационного происхождения (Макарова и др., 2012).

Северо-восточная часть Окско-Донского прогиба включает западную часть Окско-Цнинского поднятия (в рельефе вал, по каменноугольным отложениям складчатая зона), Татаровскую ступень субмеридионального простирания и выступ Гороховецкого поднятия. Возможно, что выступ продолжается в восточном направлении в виде своеобразной погребенной под аллювием седловины. Его опускание можно связать с интерференцией 2-х прогибов: Окско-Муромского С-В простирания и Балахнинского субширотного. Отрицательные формы прогибов наследованы долинами р. Ока и Клязьма соответственно. На сочленении по разному простирающихся неотектонических структур выделены две ГДАЗ:

1) Нижнеокская и 2) Окско-Клязьминская. Первая формируется на сопряжении субмеридиональных структур Окско-Донского прогиба и субширотных структур Приволжского поднятия. Следствием этого является появление добавочных напряжений растяжения, которые приводят к образованию в ГДАЗ локальных прогибов. Вторая развивается на сочленении окско-муромских и приволжских структур с Балахнинским прогибом (Макаров и др., 2003). Вдоль этой зоны также отмечается развитие цепи локальных прогибов с повышенными мощностями четвертичных отложений. Нижнеокская и Окско-Клязьминская ГДАЗ рассматриваются в качестве своеобразных границ (блокразделов), согласно которым выделяется три района: 1. С-З часть Приволжского поднятия, 2. С-В часть Окско-Донского прогиба и 3. Балахнинский прогиб, переходящий к северу в Ветлужское поднятие (за рамками рассматриваемого региона).

Структурно-геоморфологическая зональность Окско-Кишменского района

В Окско-Кишменском районе выделены:

1. эрозионно-денудационные поверхности (ступени) и надпойменные террасы,
2. неотектонические структуры и
3. линеаменты, а также 4. экзогенные геологические процессы (рис. 4).

1. Эрозионно-денудационных ступеней выделено шесть. С поверхности они перекрыты покровными отложениями ледникового и лессового происхождения. Возраст ступеней датируется в соответствии с возрастом пород, на которых они выработаны, и в соответствии с вложенными в них отложениями, и общей цикличности рельефа (Макарова и др., 2012), а также с учетом литературных данных (Карта, 1984; Государственная, 2018).

Самая древняя из них, первая, среднемиоценовая, или сарматская (N^2_1), расположенная на абс. отм. 200–220 м. Ее поверхность сформировалась во время ламкинско-климатического цикла, который предшествовал поднятию территории. Вторая поверхность, врезанная в первую вследствие вертикальных движений, имеет позднемиоценовый возраст (понтический) (N^3_1). Она находится на отм. 180–200 м. Ее формирование отвечает горелковско-бушуевскому циклу. Третья поверхность – плиоценовая (акчагыльская, или палеоплейстоценовая). Она находится на отм. 160–180 м и сформировалась во время челнинско-чистопольского цикла (N_2). Четвертая поверхность – эоплейстоценовая (E). Ее формирование связано с петропавловско-покровским климатическим циклом, вершиной развития которого является донское ледниковье. Ступень развита на отм. 140–160 м. Пятая ступень, отвечающая второй половине раннего неоплейстоцена, находится на отм. 120–140 м. Она сформировалась под влиянием мучкапско-окского климатического цикла (Q_1), который завершился окским оледенением. Шестая ступень, расположенная на абс. отм. 100–120 м, рассматривается как педимент первой половины среднего неоплейстоцена (Q_2). Его формирование согласуется с поверхностью самой высокой IV надпойменной террасы (115–117 м). На всех перечисленных ступенях развиты раз-

нотипные покровные отложения, мощность которых может достигать 10 м. Высота поверхностей (абс. отм.) приведена без вычета мощности этих отложений, поскольку оценить их трудно без буровых данных.

Скважинами, пробуренными на правом берегу р. Кишма, вскрыт самый древний погребенный петропавловский и покровский аллювий эоплейстоцена – павловская свита ильинский горизонт – aI pv (Карта ..., 1984). Аллювий сложен песками с гравием и галькой, суглинками и глинами мощностью до 26 м. Разрез завершается флювиогляциальными, аллювиальными (пески с гравием и галькой) и озерными отложениями времени наступания донского оледенения (f,lg Ids). Их мощность до 20 м. Подошва отложений залегает на абс. отм. от 90 до 110 м.

Моренные отложения донского оледенения (g Ids), ранее считавшиеся днепровскими (gl Id), распространены на левобережье р. Оки. Отложения представлены валунно-галечными суглинками с гнездами и линзами песков мощностью 3–8 м (правобережье Оки) и 30 м (левобережье Оки). Морена залегает на коренных породах и флювиогляциальных отложениях на абс. отм. от 80 до 150 м. Отложения представлены песками, иногда глинистыми с гравием и галькой, средняя мощность которых 0,5–4,0 м, но местами может достигать 18 м. Их подошва находится на отм. 100–190 м.

Передатировка днепровской морены в донскую была выполнена без учета стадийности неотектонических движений и цикличности климата, что нарушило парагенетический ряд отложений и форм рельефа, естественный для климатической зональности: морена – флювиогляциальные отложения – аллювиальная терраса – морская терраса. Это привело к тому, что на современных картах у окской морены отсутствуют зандровые отложения и V аллювиальная терраса (Государственная ..., 2018).

У днепровской морены ранее выделялась аллювиально-флювиогляциальная лихвинско-днепровская терраса (af IV), но ныне она переведена в аллювиальную лихвинско-калужскую (a4 Пкж).

Следующий климатический цикл начался с образования на левобережье Оки переуглубленного вреза и формирования

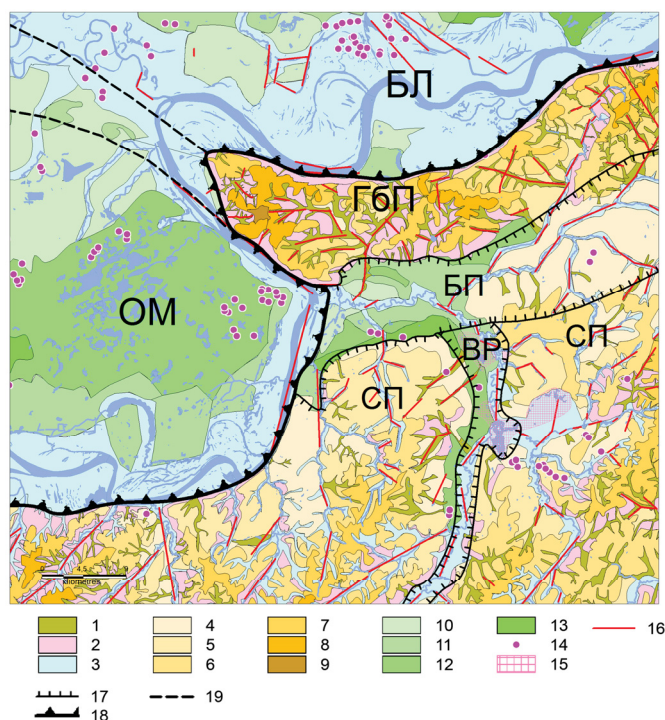


Рис. 4. Структурно-геоморфологическая карта Окско-Кишменского района: 1 – склоны; 2 – ложбины и овраги; 3 – пойма (а IV); 4 – 9 – поверхности выравнивания: 4 – среднеплейстоценовая (Q_2), 5 – раннеплейстоценовая (Q_1), 6 – эоплейстоценовая (E), 7 – акчагыльская (N_2), 8 – понтическая (N_1^2), 9 – сарматская (N_1^1); 10 – 13 – речные террасы: 10 – первая (a^1 IIIIn-os), 11 – вторая (a^2 IIImk-kl), 12 – третья (a^3 Пёк-ms), 13 – четвертая (a^4 Пкж); 14 – участки развития карста; 15 – карстовые воронки. 16 – линейменты; границы: 17 – главная, 18 – локальная (бергитрихи направлены от поднятий в сторону прогибов); 19 – граница между двумя прогибами: Окско-Муромским (О-М) и Балахнинским (БЛ); названия структур: БП – Богородский и ВР – Ворсменский прогибы, СП – Сосновское и ГбП – Горбатовское поднятия

мучкапско-окской погребенного аллювия (а Imç-ок).

Эти отложения отвечают венедской свите нижнего неоплейстоцена. Завершением этого цикла, возможно, является окское ледниковье, выделение которого до сих пор не доказано.

В долинах рек сформировалось четыре средне- и верхненеоплейстоценовых террасы (Актуализированная ..., 2014). В нижнеплейстоценовые отложения врезаются лихвинско-калужские пески с прослоями суглинков и глин мощностью 32 м, относимые к IV террасе среднего неоплейстоцена (a^4 Пкж) (в ее основании находятся нижнекривичские отложения, а Пкр). В них вложен чекалинско-московский цикловой аллювий III надпойменной террасы (a^3 Пёк-ms), сложенный песками с прослоями суглинков и глин. В них встречаются галька кварца, кремней и кварцита. Мощность аллювия составляет 27 м. Поверхность террасы находится на абс. отм. 95–105 м. Микулинско-калининский

циклового аллювий II надпойменной террасы (a^2 IIImk-kl) сложен отсортированными песками с гравием и галькой мощностью до 41 м. Ленинградско-осташковский цикловой аллювий I террасы (a^1 IIIIn-os) (бывший молодого-шекснинский) представлен песками с прослоями суглинков и иловатых глин мощностью от 8 до 24 м. Пойма р. Оки сложена песками с гравием и галькой мощностью до 18 м и болотными отложениями (торфяники) мощностью от 2 до 7 м (а IV). Абс. отм. уреза воды Оки у устья р. Кишмы составляет 68 м.

Ступени, представленные террасами и поверхностями, склоны перекрываются делювиальными отложениями мощностью 8–18 м (d,ds II-III), что обычно учитывается при определении реальных высот геоморфологических поверхностей.

2. В Окско-Кишменском районе выделены локальные поднятия и прогибы (см. рис. 4). К востоку от главной границы выделены

Горбатовское и Сосновское поднятия, и Богородский и Ворсменский прогибы. К западу – Окско-Муромский и Балахнинский прогибы, происхождение которых связывается с особенностью развития Нижнеокской ГдАЗ.

Горбатовское поднятие в рельефе выражено Стародубской возвышенностью. Ее макс. абс. высота равна 202 м. С поверхности залегают покровные отложения, мощностью до 10 м. Под ними, островами, расположена морена донского оледенения, мощностью до 10 м, ниже залегают пермские глины, песчаники и доломиты. На некоторых участках обнаружены неогеновые суглинки и глины с песками, предположительно являющиеся остатками палеорусел плиоценового возраста. Морена, покровные суглинки и уржумские глины препятствуют развитию здесь карста.

Горбатовское поднятие начало развиваться в миоцене в бушуевское время. В это время в поднятие начали врезаться реки и происходило формирование аллювия. Он сложен суглинками, глинами и песками, которые вскрыты скважинами на наиболее возвышенных участках поднятия. В четвертичное время в его склоны врезались долины ильинского (нижний неоплейстоцен) и лихвинского времени (средний неоплейстоцен) В современном рельефе, частично, на месте ильинской долины развиты притоки р. Кишма. Скважина, пробуренная на склоне поднятия, вскрыла отложения ильинского аллювия мощностью 20 м (Государственная, 2018).

Сосновское поднятие как бы делится долинами рек Каска и Кишма на 3 части: западную, центральную и восточную. Западная часть в рельефе выражена Пермилловскими горами высотой до 209 м. Центральная и восточная части чуть ниже – их высота достигает 170 м. Возвышенность сложена уржумскими глинами, перекрывающимися неогеновыми отложениями. Донская морена слагает нижние уровни возвышенности, ее перекрывают покровные отложения мощностью 10–15 м.

Богородский прогиб, в пределах которого протекает р. Кишма заполнен аллюви-

альными четвертичными отложениями. Подстилают их закарстованные гипсы, ангидриты, доломиты стерлитамакского и немдинского горизонтов нижней и верхней перми (см. рис. 2). Отложения глинистого уржумского горизонта в среднем течении р. Кишмы отсутствуют, вследствие этого в пределах Богородского прогиба довольно интенсивно развиты карстовые и карстово-суффозионные процессы.

Ворсменский прогиб является относительно узко выраженным и дугообразным. Он согласуется с правобережным уступом р. Оки, что может указывать, вероятно, на его тектоно-гравитационное происхождение. В прогибе развиты речные террасы и участки с интенсивным развитием карста, приуроченного к трещиноватости сбросового типа. Окско-Муромский и Балахнинский прогибы сложены преимущественно четвертичными аллювиальными отложениями общей мощностью до 80 м. В нижней части этих отложений устанавлены неогеновые погребенные русловые отложения (Государственная, 2018), с которыми связывается развитие суффозии и погребенного карста. В месте впадения реки Клязьма Ока делает больших размеров меандр, возможно связанный с наличием здесь погребенной седловины – перемычки между Окско-Муромским и Балахнинским прогибами.

3. Линеаменты, выделенные по топокартам и спутниковым снимкам, в целом наследуются руслами, оврагами, балками и ложбинами по причине связи их с зонами трещиноватости. Линеаменты простираются в основном северо-восточном и субширотном направлениях и в меньшей степени – в субмеридиональном. Наиболее ярко выражены линеаменты по правому берегу Оки и Клязьмы, где они отражают активность Нижнеокской Окско-Клязьменской ГдАЗ. Эти линеаменты ранее рассматривались как индикаторы границ мегаблоков, или блокоразделов (Бабак и др., 1983).

4. Во Владимирско-Нижегородском регионе широко распространены суффозионно-карстовые, эрозионные и гравитационные процессы.

Таблица. Схема возрастного расчленения неогеновых и четвертичных отложений (Общая, 2013; Актуализированная ..., 2014) и геоморфологических поверхностей

Период	Отдел	Ярус	Продолжительность, тыс. лет	Горизонт	Подгоризонт	Высота поверхности, м	Относительная глубина врезов, м	Скорость, мм/год	
четвертичный	голоцен		11/11			пойма 70-79	18	1.6	
	верхний		13/24	осташковский			1 тер. 80-90	8-24	0.17-0.52
			33/57	ленинградский					
			14/71	калининский					
			56/127	черминский микулинский					
	средний		59/186	московский (днепровский)			3 тер. 100-110	27	0.23
			56/242	горкинский					
			59/301	вологодский					
			33/334	чекалинский					
			30/364	калужский					
			63/427	лихвинский					
	нижний		47/474	окский			ПВ 120-140		
			54/528	икорецкий					
				навлинский					
				мучкапский					
			40/568	донской					
			53/621	моисеевский					
			38/659	метуньский					
			53/712	ильинский					
	48/760	покровский							
эоплейстоцен	верхний		480/1 240	криницкий		ПВ 140-160			
	нижний		560/1 800	толчечевский					
		апшеронский		верхне-апшеронский	замьянский				
				средне-апшеронский	сероглазовский				
					цукубский				
нижнеапшеронский	новоказанковский								
неоген	плиоцен	верхний плиоцен	пьянченцкий	акчагыльский		ПВ 160-180			
		нижний плиоцен	занкльский	киммерийский	гунаевская				
	миоцен	верхний миоцен	мессинский	понтический		бушуевский	ПВ 180-200		
		средний миоцен	торгонский	мэотический					
		серравальский	сарматский	11600 - 13600		ПВ 200-220		0.009-0.01	

Суффозионно-карстовые процессы наиболее интенсивно развиваются в Ворсменском, Богородском и Серезинском прогибах, на участках, близко расположенных к поверхности карбонатных и сульфатных пород татарского яруса верхней перми (см. рис. 4). Карст проявляется в виде просянок, воронок, западин, в некоторых случаях возможно образование пещер и котловин. В долине р. Ворсмы расположена крупная одноименная котловина (озеро Тосканка), образовавшаяся в результате слияния нескольких карстовых провалов. В настоящее время активно занимается изучением карстовых процессов Дзержинская карстовая лаборатория (Гантов и др., 2004). Она ежегодно фиксирует новые катастрофические провалы и просянки на всей северо-западной части Приволжской возвышенности. Балахнинский и Окско-Муромский прогибы, связанные с развитием ГДАЗ, также подвержены суффозионным и карстово-суффозионным процессам ввиду большой мощности песчаных отложений в них и находящихся под ними карстующихся пермских толщ.

Эрозионные линейные процессы (рытвины, балки, овраги и ложбины) распространены, как правило, на относительно крутых склонах и развиваются под действием временных водных потоков. Техногенные процессы, в том числе чрезмерная распашка крутых участков склонов, способствует их разрушению. Гравитационные процессы, выраженные оползневыми и обвальными склонами, приурочены, в основном, к крутым склонам, где близко к поверхности распространены уржумские глинистые отложения поздней перми или суглинки донской морены.

Количественная оценка деформаций

На основе цикличности рельефа проведен расчет примерных скоростей роста Приволжского поднятия за новейшее время с учетом мощности аллювиального осадконакопления в цикловых врезках (таблица). Общая (суммарная) амплитуда неотектонического поднятия соответствует максимальной абс. отметкам рельефа с вычетом мощности аккумулятивных покровных ледниковых и лессовых образований. Согласно са-

мой высокой сарматской поверхности, суммарная амплитуда новейшего поднятия составляет ~200–220 м и относительная амплитуда ~130–150 м с учетом уреза р. Оки (в месте впадения Кишмы Ока находится на отм. 68 м).

Общая скорость поднятия рассчитывается делением относительной амплитуды (см. положение сарматской поверхности) на время, за которое эта амплитуда образовалась. В данном случае скорость равна 0.009–0.01 мм/год. Постадийные амплитуды и скорости поднятий рассчитаны по формуле С.А.Несмеянова (Несмеянов, 1971) – это отношение амплитуды поднятия за новейшее время к величине вреза за это время, равные отношению амплитуды за определяемый этап к величине вреза за этот этап. При определении средних скоростей движения в отдельные стадии продолжительность последних в абс. цифрах соответствовала данным Общей стратиграфической шкалы (Общая, 2013). В частности для голоцена как времени, максимально приближенному к решению задач по оценке безопасности (устойчивости) территорий, эти цифра составляет примерно 1,6 мм в год. Скорости поднятия за средний неоплейстоцен составляют в среднем 0,2 мм/год, за поздний неоплейстоцен – около 0,6 мм/год.

Выводы

Рассматривая рельеф, как результат воздействия на земную поверхность множества разнородных факторов, выявлены неотектонические структуры, которые простираются преимущественно в широтном и субмеридиональном направлениях. Границы несогласного сочленения структур рассматриваются как Нижнеокская и Окско-Клязьминская геодинамически активные зоны (ГДАЗ). На их основе выделено три неотектонических района, относящихся к разным частям региональных структур: 1) С-З части Приволжского поднятия, 2) С-В части Окско-Донского прогиба и 3) сопряжению Балахнинского прогиба и Ветлужского поднятия (за пределами рассматриваемого региона). Неоднородный характер развития структур указывает на наличие по разному ориентированных полей напряжений, которые могут пересекаться в

ГДАЗ и создавать в них добавочные напряжения, разрядка которых, как правило, приводит к платформенной сейсмичности. С ГДАЗ связывается интенсивное развитие экзогенных геологических процессов, что позволяет рассматривать их в качестве геозеологически значимых, требующих к себе повышенного внимания и оценки.

На основе стадийности развития новейших структур были посчитаны амплитуды и скорости движений. Они указывают на их увеличение от сарматского времени к голоцену. Причем в сармате они минимальны (0,009–0,01 мм/год), голоцене они становятся максимальными (1,6 мм/год). Как показывает опыт исследований, амплитуды и скорости тектонических поднятий могут складываются с вертикальными движениями земной коры (СВДЗК), измеряемыми геодезическими методами. С течением времени это приводит к накоплению деформаций, укладываемых в относительно небольшой срок эксплуатации, например, реакторных отделений АЭС, равной 60 лет. Интерференция разнотипных и разнородных движений вызывает активизацию экзогенных процессов и развитие негативных осадков и кренов основных зданий и сооружений.

Библиографический список

- Актуализированная* Центрально-Европейская легенда серии к Государственной геологической карте Российской Федерации масштаба 1:1000 000». Объяснительная записка и схемы неогена и квартера. М.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014.
- Аникеев А.В.* Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска. М.: РУДН, 2017. 328 с.
- Бабак В.И., Николаев Н.И.* Пояснительная записка к карте геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР. Масштаб 1:500 000. М., 1983. 65 с.
- Гантов Б.А., Толмачев В.В.* Деятельность Дзержинского карстового стационара в новых условиях хозяйствования / Карствоведение XXI век: Теоретическое и практическое значение. Пермь, 2004. С. 143–147.
- Государственная* геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (новая серия). Лист N-37 (38). Москва. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. 344 с.
- Государственная* геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Сер. Средневожская. Лист O-38-XXXII (Бор) Объяснительная записка. Москва, 2018. 102 с.
- Карта* геоморфолого-неотектонического районирования нечерноземной зоны РСФСР масштаба 1: 1 500 000 / Гл. ред. В.И. Бабак. М.: ГУГК СССР. 1984.
- Карта* поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР. М., 1972.
- Коробова И.В., Григорьева С.В., Макеев В.М.* Структурно-геодинамические условия – один из главных факторов, определяющих безопасность территорий / Сергеевские чтения. М.: РУДН, 2013. Вып.15. С. 255–259.
- Макарова Н.В., Макеев В.М., Суханова Т.В., Микляев П.С., Дорожко А.Л., Коробова И.В.* Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского региона // Вестн. Моск. ун-та. 2012. Сер. 4. Геология. №4. С. 3–11.
- Макарова Н.В., Балашова Т.А., Суханова Т.В.* О роли суффозии в образовании просядочных форм в Нижнеокском районе // Вестн. Моск. ун-та. 1998. Сер. 4. Геология. №2. С. 60–65.
- Макеев В.М.* Структурно-геодинамические условия устойчивости территорий особо опасных и технически сложных объектов / Автореф. дисс. д.г.-м.н. 2015. 50 с.
- Макеев В.М., Григорьева С.В., Пикулик Е.А.* Неотектоническое районирование трассы газопровода Починки-Грязовец Московско-Нижегородского региона // Вестник Пермского университета. 2019. Т. 18. №3. С. 213–221.
- Макаров В.И.* Новейшая тектоника и рельеф Восточно-Европейской платформы (общие и частные вопросы). Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 145–245.
- Несмеянов С.А.* Количественная оценка новейших движений и неоструктурное районирование горной области. М.: Недра, 1971. 144 с.
- Общая* стратиграфическая шкала. Состояние и перспективы обустройства. М.: Геол. ин-т РАН. 2013.
- Beau V. Whitney, James V. Hengesh.* Geomorphological evidence for late Quaternary tectonic deformation of the Cape Region, coastal west central Australia // *Geomorphology*. 2015. №241. С. 160–174.
- <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2020-03.pdf>.

Structural and Geomorphological Zoning of the Vladimir-Nizhniy Novgorod Area and its Environmental Geological Significance

I. V. Korobova

Sergeev Institute of Environmental Geosciences, 13 Build 2 Ulanskiy Lane, Moscow 101000, Russia. E-mail: irakorv@mail.ru

The cyclic relief, neotectonic structures, geodynamically active zones (GdAZ) and exogenous geological processes have been investigated in the Vladimir-Nizhny Novgorod region. For the first time, six leveling surfaces were identified in the relief and the structure of four river terraces was considered. The analysis of obtained data made it possible to identify neotectonic structures of different types and classify them into three neotectonic regions. The boundaries of these areas are GdAZ, which are considered as crossing, superimposed and shear structures. Based on the cycling of relief formation, the total for the latest stage and stepwise amplitudes and rates of deformations are calculated. An increase in the rates of uplifts from the Miocene to the present is characteristic. Intensive development of suffusion-karst processes tends to specific types of relief and zones of disturbances, which are considered dangerous and environmentally significant for the territories of important engineering facilities.

Key words: *geodynamical active zones; neotectonics; terraces; levelling surfaces.*

References

- Aktualizirovannaya Tsentralno-Yevropeyskaya legenda serii k Gosudarstvennoy geologicheskoy karte Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:1000 000». Obyasnitel'naya zapiska i skhemy neogena i kvartera. [Updated Central European legend of the series for the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1: 1000,000. Explanatory note and diagrams of the Neogene and the Quarter]. VSEGEI. Moskva. 2014. (in Russian)*
- Anikeyev A.V.* 2017. Provaly i voronki osedaniya v karstovyykh rayonakh: mekhanizmy obrazovaniya, prognoz i otsenka riska. [Collapses and sinkholes of karst areas: formation mechanism, forecast and risk assessment]. RUDN. Moskva, p. 328. (in Russian)
- Babak V.I., Nikolayev N.I.* 1983. Poyasnitelnaya zapiska k karte geomorfologo-neotektonicheskogo rayonirovaniya Nechernozemnoy zony RSFSR. Masshtab 1:500 000. [Explanatory note to the map of geomorphological-neotectonic zoning of the Nonchernozemye zone of the RSFSR. Scale 1: 500,000]. Moskva, p. 65. (in Russian)
- Gantov B.A., Tolmachev V.V.* 2004. Deyatelnost Dzerzhinskogo karstovogo statsionara v novykh usloviyakh khozyaystvovaniya [Activity of the Dzerzhinsky karst station in the new economic conditions]. In: Karstovedeniye XXI vek: Teoreticheskoye i prakticheskoye znacheniye. Perm, pp. 143-147. (in Russian)
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 1 000 000 (novaya seriya). List N-37 (38). Moskva. Obyasnitelnaya zapiska. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (new series). Sheet N-37 (38). Moscow. Explanatory note.] VSEGEI. SPb, p. 344. (in Russian)*
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 200 000. Ser. Srednevolzhskaya. List O-38-XXXII (Bor) Obyasnitelnaya zapiska. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. Ser. Middle Volga. Sheet O-38-XXXII (Bor) Explanatory note]. Moskva, p. 102. (in Russian)*
- Karta geomorfologo-neotektonicheskogo rayonirovaniya nechernozemnoy zony RSFSR masshtaba 1: 1 500 000 [Map of geomorphological-neotectonic zoning of the non-chernozem zone of the RSFSR on a scale of 1: 1 500 000]. Ed. V.I. Babak. GUGK SSSR. Moskva. 1984. (in Russian)*
- Karta poverkhnostey vyravnivaniya i kor vyvetrivaniya SSSR. [Map of alignment surfaces and weathering crusts of the USSR]. Moskva. 1972. (in Russian)*
- Korobova I.V., Grigoryeva S.V., Makeyev V.M.* 2013. Strukturno-geodinamicheskiye usloviya — odin iz glavnykh faktorov, opredelyayushchikh bezopasnost territoriy [Structural and geodynamic conditions as one of the main factors determining the safety of territories]. In: Sergeyevskiy chteniya. RUDN. Moskva, 15:255-259. (in Russian)
- Makarova N.V., Makeyev V.M., Sukhanova T.V., Miklyayev P.S., Dorozhko A.L., Korobova I.V.* 2012. Noveyshaya tektonika i geodinamika Nizhneokskogo regiona [The latest tectonics and geodynamics of the Nizhneokskiy region]. Vestn. Mosk. univ. Ser. 4. Geologiya. 4:3–11. (in Russian)
- Makarova N.V., Balashova T.A., Sukhanova T.V.* 1998. O roli suffozii v obrazovanii prosadochnykh

form v Nizhneokskom rayone [On the role of suffusion in the formation of subsidence forms in the Nizhneokskiy region]. Vestn. Mosk. univ. Ser. 4. Geologiya. 2:60–65. (in Russian)

Makeyev V.M. 2015. Strukturno-geodinamicheskiye usloviya ustoychivosti territoriy osobo opasnykh i tekhnicheskii slozhnykh ob'ektov [Structural and geodynamic conditions of stability of areas with especially dangerous and technically complex objects]. Diss. Dr. geol.-min.nauk. (in Russian)

Makeyev V.M., Grigoryeva S.V., Pikulik Ye.A. 2019. Neotektonicheskoye rayonirovaniye trassy gazoprovoda Pochinki-Gryazovets Moskovsko-Nizhegorodskogo regiona [Neotectonic Zonation of the Pochinki-Gryazovets Gas Pipeline in the Moscow-Nizhegorod Region]. Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 18(3):213-221. (in Russian) doi: 10.17072/psu.geol.18.3.213

Makarov V.I. 2003. Noveyshaya tektonika i relief Vostochno-Yevropeyskoy platformy (obshchiye i chastnyye voprosy). Glubinnoye stroyeniye i sovremennyye geodinamicheskiye protsessy v litosfere

Vostochno-Yevropeyskoy platformy. [The latest tectonics and relief of the East European platform (general and specific issues). Deep structure and modern geodynamic processes in the lithosphere of the East European platform]. UrO RAN. Yekaterinburg, pp. 145-245. (in Russian)

Nesmeyanov S.A. 1971. Kolichestvennaya otsenka noveyshikh dvizheniy i neostrukturnoye rayonirovaniye gornoy oblasti [Quantitative assessment of the latest movements and neostructural zoning of the mountainous region]. Nedra. Moskva, p. 144. (in Russian)

Obshchaya stratigraficheskaya shkala. Sostoyaniye i perspektivy obustroystva. [General stratigraphic scale. Conditions and prospects of construction] Geol. Inst. RAN. Moskva. 2013. (in Russian)

Beau B. Whitney, James V. Hengesh. 2015. Geomorphological evidence for late Quaternary tectonic deformation of the Cape Region, coastal west central Australia. *Geomorphology.* 241:160–174.

<https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2020-03.pdf>.