

Тектоника, сейсмотектоника и гидротермальный метасоматоз в новейшей структуре Волжского (Саратовско-Камышинского) правобережья: новые данные

А.А.КОКОВКИН (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИТиГ ДВО РАН); 680000, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65),

А.В.ИВАНОВ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А.Гагарина» (СГТУ имени Ю.А.Гагарина); 410054, Саратовская область, г. Саратов, ул. Политехническая, 77),

В.М.ТЮЛЕНЕВА (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья имени Н.М.Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»); 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 31),

И.А.ЯШКОВ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А.Гагарина» (СГТУ имени Ю.А.Гагарина); 410054, Саратовская область, г. Саратов, ул. Политехническая, 77)

Приведены результаты изучения абразионного Уступа Волги с прилегающей частью её Правобережья на участке между городами Саратов и Камышин. Выделена новейшая структура Правобережного свода. Получены принципиально новые данные по развитию новейших тектонических и сейсмогенных дислокаций, по проявлениям гидротермального метасоматоза. Проведён анализ их взаимосвязей, влияния на развитие эрозии, абразии и оползнеобразования. Установлены признаки проявления в голоцене мощного сейсмического события (серии событий) интенсивностью не менее 10 баллов по шкале MSK. Показана высокая геодинамическая активность завершающей неоплейстоцен-голоценовой стадии новейшего этапа. Структура Уступа представлена в качестве уникального по представительности исследовательского полигона.

Ключевые слова: междисциплинарное моделирование, новейшая тектоника, сейсмотектоника, дислокации, гидротермальный метасоматоз, эрозия, абразия.

Кокочкин Александр Александрович
Иванов Алексей Викторович
Тюленева Вера Михайловна
Яшков Иван Александрович



kokovkin@itig.as.khb.ru
yashkovia@mail.ru
verat@inbox.ru
yashkovia@mail.ru

Tectonics, seismotectonics and hydrothermal metasomatism in the modern structure of the Volga right bank between Saratov and Kamyshin: new data

A.A.KOKOVKIN (Yu.A.Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences),

A.V.IVANOV (Yuri Gagarin State Technical University of Saratov),

V.M.TYULENEVA (N.M.Fedorovsky All-Russian Scientific Research Institute of Mineral Resources),

I.A.YASHKOV (Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

The results of investigating the Volga abrasion scarp and the adjacent right-bank area between Saratov and Kamyshin are presented. The modern structure of the right-bank dome is distinguished. The fundamentally new data have been obtained on the development of modern tectonic and seismogenic dislocations and hydrothermal metasomatism occurrences. The analysis of their relationship, the influence on the development of erosion, abrasion and formation of landslides has been performed. The indications showing the Holocene large seismic event (or series of seismic events) evaluated at 10 units of the MSK intensity scale have been revealed. It is shown high geodynamic activity of the final Neopleistocene-Holocene phase of the modern stage. In terms of representativity, the scarp structure is a unique study polygon.

Key words: interdisciplinary modeling, modern tectonics, seismotectonics, dislocations, hydrothermal metasomatism, erosion, abrasion.

В рамках научно-просветительских экспедиций «Гагаринский плавучий университет» [17] и «Флотилия плавучих университетов», организованных в 2015–2017 гг. Саратовским государственным техническим университетом имени Ю.А.Гагарина, на Волжском абразионном уступе и прилегающей части Правобережья (далее – Уступ) на участке между городами Саратов и Камышин Волгоградской области проведено полевое изучение новейших тектонических и сейсмогенных дислокаций, проявлений эндогенного эпигенеза. Для новейшего этапа при значительной вариации представлений о его нижней границе [21] здесь принят максимальный временной диапазон – с эоцена по голоцен включительно.

Актуальность этих работ на исследуемой территории вызвана дефицитом сведений по новейшему этапу. Основное внимание на данном полигоне традиционно уделялось стратификации слагающих её структуру мел-палеоценовых отложений, также вопросам геоморфологии и палеогеографии. Проблемы неотектоники также рассматривались в ряде работ [1, 4, 6–8, 13, 19, 22, 24–26, 29 и др.].

170-километровый водный маршрут с его практически непрерывными наблюдениями сопровождался документацией представительных обнажений с наиболее выраженными проявлениями новейших процессов – более 100 точек наблюдения на самом Уступе и на отдельных, удалённых от него участках. Небольшая осадка речного судна – основного транспортного средства экспедиции – позволяла высаживаться практически в любой его части. Проводимые исследования были изначально ориентированы на формирование комплексной (междисциплинарной) эволюционной модели Правобережья. Методология и методика такого моделирования были разработаны А.А.Коковкиным ранее [11, 12]. Изучение проявленных на Правобережье новейших процессов было дополнено анализом весьма непростой системы их взаимосвязей. Это значительно усложнило сам процесс моделирования, но в конечном счёте позволило разработать непротиворечивую, по мнению авторов данной статьи, модель новейшего этапа. Её созданию способствовало дешифрирование космоснимков с составлением схемы неотектоники (рис. 1, А), которая была увязана с результатами маршрутных наблюдений и с общим информационным полем региона.

Следует заметить, что упомянутый выше дефицит сведений по новейшим эндогенным процессам характерен не только для геологии данной территории, но и для континентальной геологии в целом. Её глубоко дифференцированная структура, к сожалению, не настроена на проведение необходимых для ликвидации этого дефицита междисциплинарных исследований. Ситуация дополнительно осложнена тем, что в ней сформировалось устойчивое представление о незначительности вклада новейшего этапа, тем более его завершающей (неоплейстоцен-голоценовой) стадии в формировании современной структуры земной коры. По-видимому,

из-за того, что на общем эволюционном пути Планеты этому времени соответствует весьма короткий интервал – доли процентов. На самом деле, вклад значителен, но сложно выделить его следы, маскированные ранним интерферирующим структурным фоном коры и молодыми экзогенными процессами.

Однако на Волжском Правобережье с его Уступом в этом плане сложилась принципиально иная ситуация. Глубинные процессы эоцен-голоценового времени, наложенные на более ранний геологический субстрат, сформировали здесь хорошо выраженную сводовую структуру. Синхронные с ними, полярные по направленности площадные эрозионные процессы постоянно трансформировали её, маскируя при этом её внутреннее строение. Этот маскирующий эффект усиливается неустойчивостью к эрозии рыхлых и слаболитифицированных мезозойско-кайнозойских осадков. Однако на самом Уступе с цепью свежих, постоянно подновляемых волжской абразией обнажений высотой до 50 м следы новейших процессов представлены исключительно ярко. Что особенно важно, здесь хорошо выражены следы именно самых молодых, *неоплейстоценовых и голоценовых* процессов, по которым упомянутый дефицит сведений проявлен наиболее остро.

Насыщенность Уступа проявлениями эндогенных процессов дополнена геологическими реперами, позволяющими надёжно датировать возраст этих процессов. Достоверно стратифицированный разрез мел-палеоценовых осадков, изучавшийся здесь достаточно длительное время [2, 3, 16, 27], обеспечивает датировку их нижних границ. Возрастную привязку верхних границ обеспечивают локализованные в верхней части Уступа реликты неоплейстоценовых красноцветов, сформированных во время Хвалынской трансгрессии [20, 28], и реликты ещё более поздних, едва ли не современных, палеоврезов, выполненных континентальным русловым аллювием. Выделить же самые молодые (голоценовые) процессы позволяет развитая на Правобережье поверхность плейстоцен-голоценового пенепплена с её элювиально-делювиальным горизонтом и современным почвенным слоем.

Большой объём полученных в этом маршруте сведений не позволил в полном объёме отразить всё многообразие развитых на Волжском Правобережье новейших процессов в рамках одной статьи, которая в связи с этим носит обзорный характер. В едином пространственно-временном контексте дана самая общая их характеристика с описанием наиболее ярких проявлений, и обозначена роль Уступа в качестве полигона для комплексного (междисциплинарного) изучения новейшей, прежде всего, *неоплейстоцен-голоценовой* истории.

Результаты исследований. Особенности региональной позиции структуры Саратовско-Камышинского Правобережья. Рассматриваемая структура (см. рис. 1, А) находится в южной части Русской плиты, существенным образом переработанной здесь в

мезозое–кайнозое напряжённо развивающейся системой Альпийско-Гималайского (Средиземноморского) подвижного пояса (АГПП) [14, 27]. В более локальном плане она соответствует области взаимодействия мобильной мезозойско-кайнозойской рифтогенной системы *Прикаспийской впадины* и *Воронежской антеклизы* – жёсткого блока фундамента упомянутой плиты. Такие градиентные обстановки отличаются, как известно, особенно напряжённой геодинамикой. Здесь и далее под рифтогенной системой (рифтогеном) понимаются системы, развивающиеся под контролем сдвиговой тектоники с доминантой растяжения (раздвига). Соответственно, под орогенными системами (орогенами) понимаются системы, развивающиеся в условиях доминирующего сжатия.

Прикаспийская впадина с её морским внутриконтинентальным бассейном прошла достаточно длительный путь развития, начиная с девона, накопив при этом мощный (более 20 км) осадочный чехол [23]. До эоцена впадина захватывала значительную часть прилегающей с севера Русской плиты, после чего её рифтогенная система начала деградировать. С этого времени её развитие неоднократно прерывалось активизацией орогенеза в структуре АГПП, и впадина не раз меняла свои контуры, сократившись в конечном счёте до современного Каспия.

Выделяемые на Волжском Правобережье прогибы и поднятия, сложенные морскими осадками карбона, мезозоя и палеоцена, являются, по сути, структурами деформированного молодым орогенезом западного борта Прикаспийской впадины. На исследованной территории проявления этого орогенеза отмечены структурой Правобережного свода, заложенного, по-видимому, в олигоцен-миоценовое время севернее Самарской Луки и осложнённого многочисленными кольцевыми положительными морфоструктурами – маскированными эрозией реликтами молодых штамповых складок. На схеме неоген-четвертичной тектоники А.М.Никишина [27, с. 150] Правобережный свод соответствует южному фрагменту системы неоген-четвертичных Поволжских поднятий. Западнее в миоцене–плейстоцене синхронно со сводом развивалась структура Окско-Донского прогиба, выполненная образованиями аллювиальных фаций [23].

Новейшие тектонические дислокации. Развитие Правобережного свода, контролируемого субмеридиональными и подчинёнными им субширотными разломами Альпийско-Гималайского пояса, отмечено многочисленными дислокациями, представленными комбинацией разрывных и пликативных форм. Наряду с другими признаками это указывает на доминанту в новейшей сдвиговой тектонике Правобережья *взбросовой* составляющей с амплитудой первые сотни метров. Взбросы малых амплитуд, как правило, «гасятся» рыхлыми пластичными осадками. Небольшие по амплитуде разрывные нарушения, хорошо выраженные

в жёстком фундаменте рифтогена, быстро сменяются по восстанию в перекрывающих его рыхлых осадках пликативными формами – флексурами и штамповыми складками. Следует заметить, что все новейшие разрывные нарушения – это, как правило, раскрытые, обводнённые структуры. Молодые сквозькоровые и внутрикоровые разломы контролируют глубинные (в том числе современные) флюидопотоки, оказывая существенное влияние на характер гидродинамики, гидротермального метасоматоза и сейсмотектоники.

Для понимания закономерностей развития Правобережного свода и наложенной на него структуры Уступа необходимо остановиться на некоторых особенностях *Хвалынской трансгрессии*, отражающих волновой (пульсационный) характер региональной геодинамики. Эта трансгрессия [20, 28], обусловленная активизацией рифтогенеза в мобильной структуре Прикаспийской впадины, развивалась на фоне двух стадий довольно резкой аридизации климата, прерывавшихся кратковременной *енотаевской* регрессией. Полностью зажатая в исключительно короткий (в геологическом понимании) интервал она тем не менее захватила значительную часть этой впадины. На исследуемой территории её распространение к северо-западу, судя по всему, остановила структура Правобережного свода.

Продолжительность Хвалынской трансгрессии, накопившей характерные для засушливого климата красноцветные отложения мощностью до 20–30 м, определяется интервалом около 20 тыс. лет. Граница её начала, датированная ранее величиной 10–12 тыс. лет, в последнее время снижена до 35 тыс. лет. Синхронно к северу от Хвалынского моря развивалось Валдайское оледенение с продвижением ледника к югу, до широты Саратова [18]. Его следы отмечены здесь реликтами морены. Хвалынское море быстро регрессировало, оставив после себя на восточном борту свода и на Уступе многочисленные следы в виде реликтов красноцветных осадков ($Q_{III}hv$) с довольно широким (до 10 км и более) шлейфом элювиальных краснозёмов. Этот шлейф хорошо выражен на космоснимках. Регрессия Хвалынского моря связана, очевидно, с очередным импульсом орогенеза в структуре АГПП. На рассматриваемой территории на границе неоплейстоцен–голоцен произошла дополнительная активизация Правобережного свода. С этого же момента в условиях заметного снижения аридного пресса начала своё развитие и водная система Волги с её правобережным абразионным Уступом.

Наиболее ранние тектонические дислокации авторы наблюдали в районе села *Мордово* Красноармейского района Саратовской области (см. рис. 1, Б). Здесь в верхней части невысокого (около 10 м) Уступа хвалынские красноцветы с перекрывающим их современным почвенным слоем залегают на эродированной поверхности алевролитов верхнего мела. Залегание спокойное, без выраженного базального слоя, но при этом

резко несогласное. Меловые алевролиты интенсивно дислоцированы. Многочисленные, преимущественно крутые разрывные нарушения сочетаются в них со складчатостью – до вертикальных линейных и опрокинутых складок.

По-видимому, перед Хвалынской трансгрессией структура Правобережья в течение довольно длительного времени (вероятно, с эоцена) развивалась в континентальных условиях: сначала в режиме активного орогенеза с дислокацией меловых (и перекрывавших их палеоценовых) осадков, являющихся здесь фундаментом хвалынских красноцветов, а затем в условиях устойчивого крупного поднятия, подверженного масштабной площадной эрозии. Отсутствие базального слоя в подошве красноцветов можно объяснить тем, что Хвалынская трансгрессия сопровождалась медленным опусканием крупного блока, накладываясь на выровненную поверхность слагающих его рыхлых, тонкообломочных меловых осадков. Отложения палеоцена здесь были полностью эродированы. Позднее, на границе плейстоцен–голоцен, система этих ранних дислокаций активизировалась. Отдельные разрывные нарушения наложились здесь, в том числе и на хвалынские красноцветы. Кроме того, в эту новейшую дислокационную систему вложены клинья голоценовых сейсмодислокаций.

Значительно более широкое, практически повсеместное развитие получили на Уступе *неоплейстоцен-раннеголоценовые* дислокации. Ранее единственной близкой к ним по возрасту дислокационной структурой был выделенный здесь Е.В.Милановским [16] *Щербаковской сброс*, расположенный в 2 км ниже села Щербаковка Камышинского района Волгоградской области. Датирован он был, предположительно, неогеном. Данная дислокация, представленная в виде тонкого шва, диагностирована как сброс, по-видимому, на том основании, что её высокий (50 м) южный (Столбичевский) борт, полностью сложенный осадками палеоцена, примерно на 10 м выше северного борта. Однако в последнем в основании Уступа выходят меловые отложения, перекрытые лишь маломощным чехлом палеоцена, что заставляет сомневаться в её только сбросовой природе.

Проведённые авторами наблюдения указывают на то, что Щербаковская дислокация является фрагментом расположенной севернее субширотной сдвиговой системы (см. рис. 1, В–Г), осложнившей субмеридиональную структуру Приволжского свода и испытавшей довольно сложную эволюцию. По нарушениям этой субширотной системы структура свода была сначала (перед Хвалынской трансгрессией) взброшена. Отложения палеоцена и перекрывавшие их хвалынские красноцветы были после этого существенным образом эродированы. В своё современное состояние эта сдвиговая система приведена уже в постхвалынское время, когда она была активизирована с элементами сбросов, в результате которых в наиболее опущенных

блоках вблизи села Щербаковка сохранились и сами хвалынские красноцветы. Данная ситуация отражает общий сложноорганизованный характер развития Правобережного свода, постепенно наращивающего свою структуру в южном направлении. Если южнее Щербаковской дислокации Уступ полностью сложен палеоценом, то к северу от неё (к Жигулям) на нём устойчиво наращивается доля мезозойских осадков.

Дислокации неоплейстоцен-раннеголоценового возраста, наложенные на *хвалынские красноцветы*, помимо отмеченных выше, иллюстрирует рис. 2, А, на котором представлена ситуация в 4,5 км ниже села Белогорское Красноармейского района Саратовской области. Здесь на 20-метровом Уступе они накладываются на отложения палеоцена с перекрывающим их реликтовым плащом красноцветов. Однако особый интерес представляют дислокации, наложенные на реликты *постхвалынских палеоврезов*, выполненных аллювиальными осадками. Эти палеоврезы являются фрагментами правобережной палеодолинной системы Волги, которые заложены на восточном борту Правобережного свода на постхвалынской поверхности выравнивания. Таким образом, время их формирования зажато в ещё более короткий (по сравнению с хвалынским) интервал конца неоплейстоцена–раннего голоцена. Все они были взброшены вместе со всей структурой свода при его активизации по системе контролирующих субмеридиональных и субширотных разломов и дополнительно деформированы связанными с ними более локальными нарушениями. На Уступе с его субмеридиональной ориентировкой наиболее выражены направленные вкрест ему, наложенные на палеоврезы субширотные разрывные нарушения. Поверхность уже взброшенных реликтовых палеоврезов была эродирована и перекрыта современным почвенным слоем. Таким образом, время их деформаций, полностью зажато в голоцен.

Представительная в этом плане ситуация наблюдалась в районе села Ахмат Красноармейского района Саратовской области (см. рис. 2, Б–Г). Здесь неоплейстоценовые дислокации накладываются на опоки сантона–кампа с вложенным в них плейстоцен-голоценовым палеоврезом, выполненным горизонтально-слоистыми (с элементами косой слоистости) осадками (см. рис. 2, Б). Поставщиками материала для этих осадков послужили развитый здесь на поверхности неоплейстоценового пенеплена элювиально-делювиальный горизонт, меловые осадки и реликты хвалынских шоколадных глин. Слойки мощностью до 20 см в палеоврезе представлены обломками опок размерностью до гравия и крупнее с тонким глинистым красноцветным материалом в цементе. Контакт палеовреза с вмещающими опоками сорван с образованием крутой 5-метровой зоны дробления, выполненной обрывками его рыхлых осадков. В самих опоках у контакта (см. рис. 2, В) развито интенсивное «сухое» дробление с зеркалами и бороздами скольжения по плоскостям

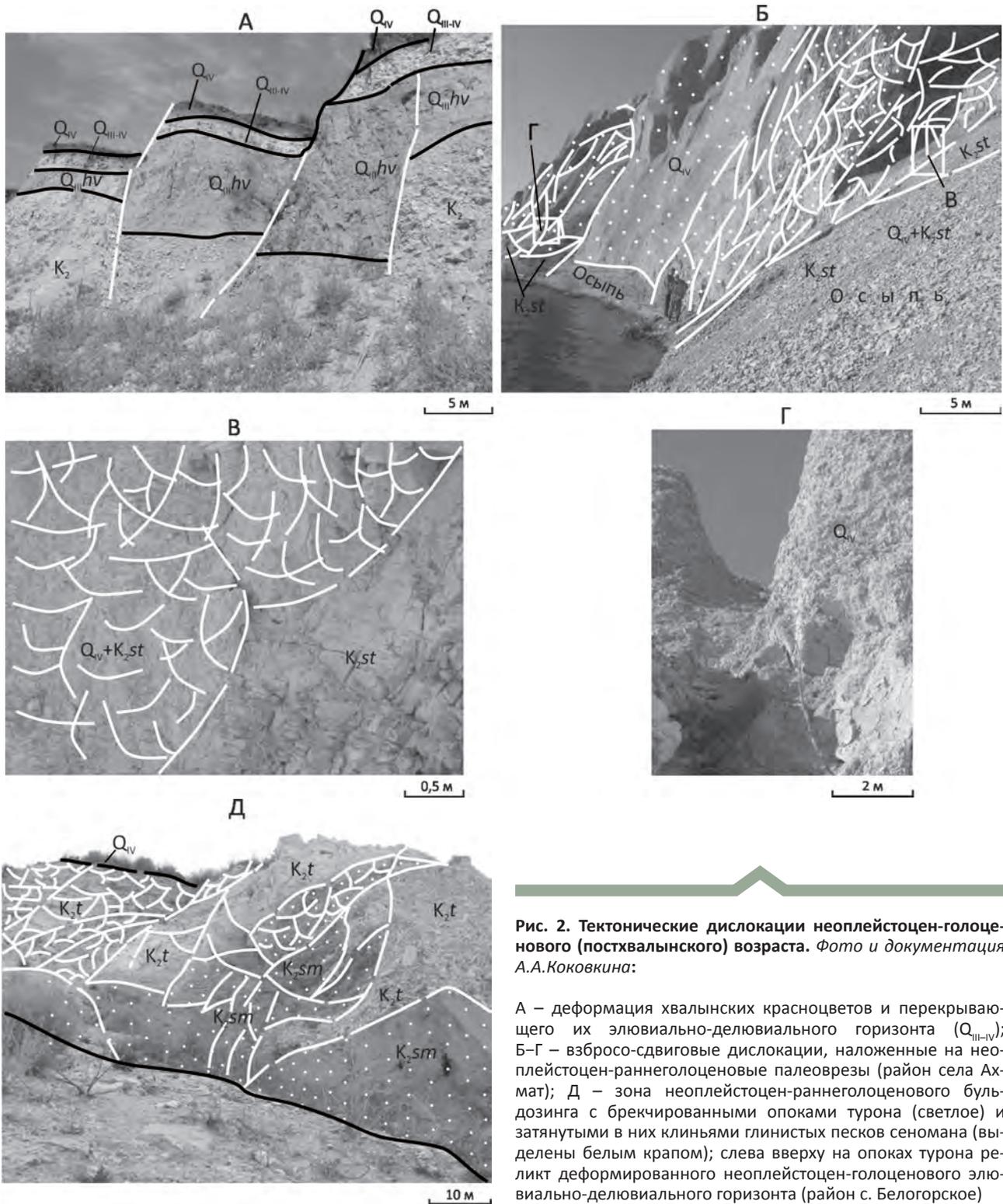


Рис. 2. Тектонические дислокации неоплейстоцен-голоценового (постхвалынского) возраста. Фото и документация А.А.Коковкина:

А – деформация хвалыньских красноцветов и перекрывающего их элювиально-делювиального горизонта (Q_{III-IV}); Б–Г – взбросо-сдвиговые дислокации, наложенные на неоплейстоцен-раннеголоценовые палеоврезы (район села Ахмат); Д – зона неоплейстоцен-раннеголоценового бульдозинга с брекчированными опоками турона (светлое) и затынутыми в них клиньями глинистых песков сеномана (выделены белым крапом); слева сверху на опоках турона реликт деформированного неоплейстоцен-голоценового элювиально-делювиального горизонта (район с. Белогорское)

открытых трещин. В 200 м ниже по течению Волги осадки подобного палеовреза с такими же сорванными контактами деформированы с развитием крупных (до 1 м) зеркал скольжения, плоскости которых покрыты глиной трения (см. рис. 2, Г).

На рис. 2, Д представлена развитая на Уступе в районе села Белогорское масштабная, сложно построенная сдвиг-надвиговая дислокация с элементами *бульдозинга*. В белые дроблёные мергели турона, надвинутые здесь на глинистые пески сеномана, затынуты

деформированные клинья этих песков, местами и осадки неоплейстоцен-голоценового элювиально-делювиального горизонта. Возраст этой неординарной структуры, судя по всему, раннеголоценовый.

Наличие взброшенных, деформированных наложенной тектоникой структур постхвалыньских палеоврезов, преимущественно разрывная форма проявленных на Уступе неоплейстоцен-голоценовых дислокаций и их в основном крутая ориентировка свидетельствуют об устойчивости развития Правобережного свода, в том числе и на завершающей (голоценовой) стадии, с выраженной доминантой взбросо-сдвиговой тектоники. Высокая активность геодинамики свода подчёркивается и широким развитием на Уступе голоценовых сейсмодислокаций.

Волжский уступ как индикатор сейсмической активности Среднего Поволжья. Одним из основных показателей сейсмической активности являются сейсмодислокации (СД). Следует отметить, что все наблюдаемые в плейстосейстовых полях землетрясений СД и разрушения – это отчётливо поверхностные, бескорневые структуры [12]. Для них характерна самая разнообразная морфология – от различных по форме разрывных дислокаций до пликативных волновых, комбинированных и структур разжижения грунта. Характер этого разнообразия наиболее полно представлен в книге «Гоби-Алтайское землетрясение» [5].

Волжский Уступ на исследуемом интервале насыщен бескорневыми СД преимущественно *клиновидной* формы (рис. 3). Здесь зафиксировано более 100 голоценовых СД, в том числе и весьма крупных, прослеживающихся до глубины 10–15 м. Большинство из них имеет *раннеголоценовый* возраст. В верхней части Уступа ими повсеместно деформирована поверхность постхвалыньского пенеблена с перекрывающим её элювиально-делювиальным неоплейстоцен-голоценовым горизонтом, а нередко и основание современного почвенного слоя. Наложение СД на расположенные ниже литифицированные мел-палеоценовые отложения сопровождается «сухим» дроблением, развитием по плоскостям открытых трещин зеркал и борозд скольжения (см. рис. 3, Б). Широко развиты на Уступе и более локальные сейсмодислокации глубиной до 5 м, наложенные практически на весь почвенный слой (см. рис. 3, В). Местами по ним развиваются небольшие современные (самые молодые) овражные врезы. Сейсмическое событие (события), которому (которым) обязаны своим появлением эти сейсмодислокации произошло (произошли), по-видимому, 100–200 лет назад.

Клиновидная, перекрытая современной почвой сейсмодислокация (см. рис. 3, Д) в верхней части охарактеризованной выше зоны бульдозинга отличается своим необычным видом. Она представляет серию имеющих здесь подобных ей образований. На периферии сейсмодислокации, подчеркивая её клиновидную морфологию, развита система окаймляющих её прожилков

белого карбоната, также «срезанных» почвенным слоем. В самой зоне бульдозинга карбонатом неравномерно проработана вся её поверхностная часть. При этом вниз от зоны сплошной карбонатизации в дислоцированные осадки турона и сеномана распространяются выклинивающиеся на глубину «хвосты» карбонатного штокверка.

Такое пространственное совмещение трёх различных образований (тектоническая дислокация+СД+карбонат) указывает и на их единую природу. Очевидно, что здесь при образовании СД был активизирован также и *глубинный флюидопоток* с импульсным выбросом карбонатных растворов в поверхностную зону коры и на её поверхность. Для объяснения данного явления привлечена *резонансная модель корового землетрясения*. В соответствие с этой моделью сейсмодислокации возникают в результате резонанса поверхностных сейсмических волн (волн Релея и(или) Лява), развивающихся на границе «земля–воздух» с действующим на ней комплексным (фазовым, динамическим) барьером. Контрастность этого барьера резко усиливается в неоднородной структуре континентальной коры на границах более локальных образований разной плотности и разного фазового состава, где действуют дополнительные барьеры. Особенно «благоприятна» для развития резонансных эффектов граница «вода–суша» – береговые зоны океанов, морей и рек с их наиболее контрастными барьерами. В сейсмически активных регионах они особенно насыщены СД. Именно такой градиентной границей и является абразионный уступ Волги с его аномальной насыщенностью СД. Контрастность действующего на Уступе барьера дополнительно усиливается на участках, насыщенных новейшими (раскрытыми и обводнёнными) разрывными нарушениями. Такие участки отличаются наибольшей концентрацией СД.

При воздействии поверхностного энергетического импульса на кору с подземными водами в ней неизбежно должен сработать механизм реактивной отдачи. Для практически несжимаемых подземных вод эта отдача будет более резкой, чем у твёрдой коры. Наиболее мощные импульсы вполне способны не только деформировать поверхность коры, но и обеспечить в результате отдачи выброс глубинных (в данном случае углекислых) растворов, формирующих вложенные в СД тела низкотемпературных метасоматитов соответствующего состава. Модель подобного выброса карбонатных растворов была разработана на примере астроблем Намибии и Казахстана [11]. Формирование их деформационных структур, образовавшихся в результате реактивной отдачи коры на удар астероидов, также сопровождалось выбросом на земную поверхность карбонатных растворов.

Как было отмечено, на всём изученном маршрутом интервале уступ насыщен раннеголоценовыми, в том числе весьма крупными, сейсмодислокациями. По принятой в инженерной сейсмологии методике оценки

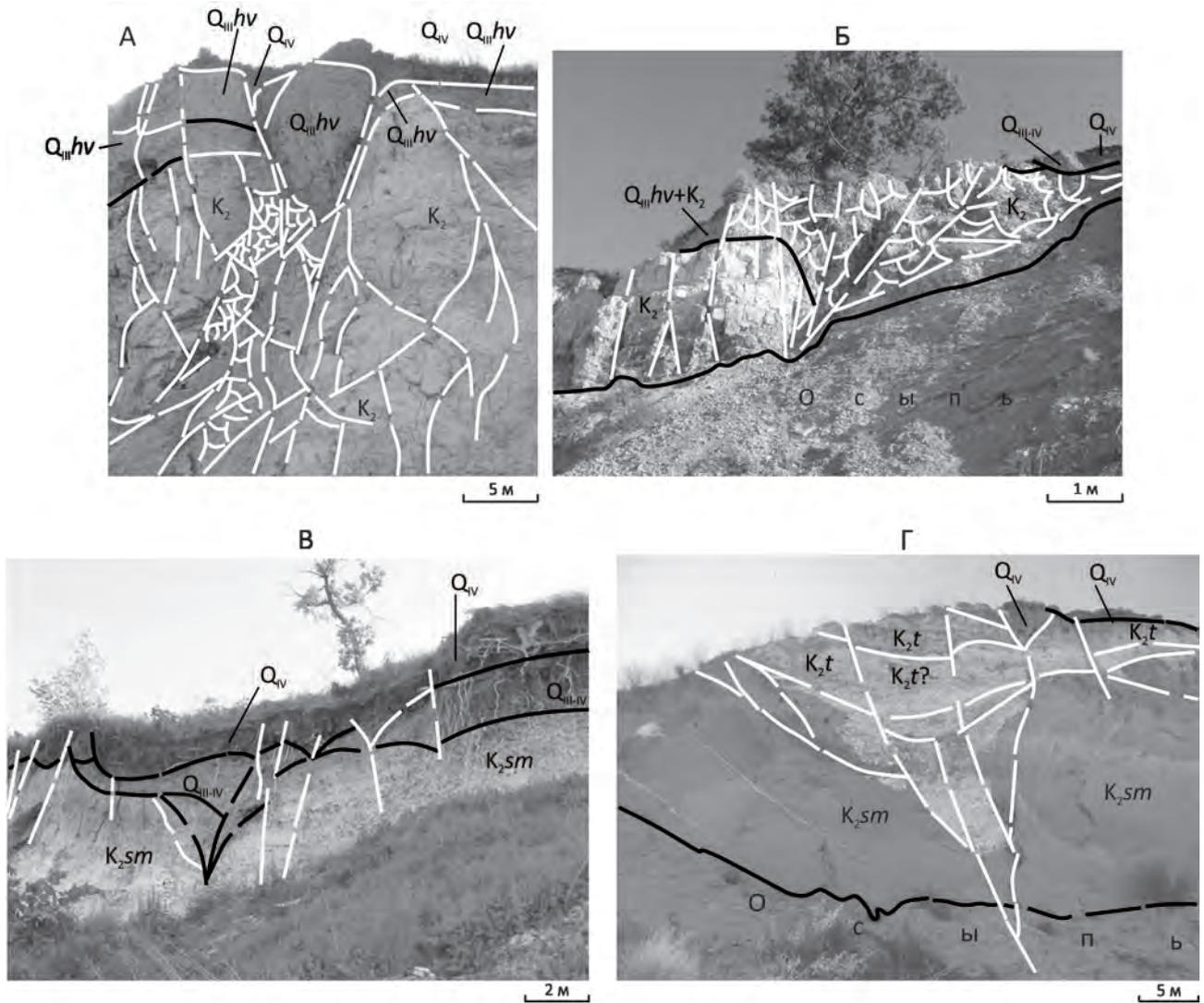


Рис. 3. Голоценовые сейсмодислокации. Фото и документация А.А.Коковкина:

А – раннеголоценовая клиновидная сейсмодислокация в районе пос. Мордово; в нижней части СД деформированы алевриты верхнего мела, в верхней в клин СД затянута хвалынские шоколадные глины и современный почвенный слой (Q_{IV}); Б – голоценовая клиновидная СД, 4 км выше с. Ахмат; клин СД вложен в опализированные алевролиты верхнего мела с дроблением и брекчированием, сверху в него затянута осадки элювиально-делювиального неоплейстоцен-голоценового горизонта и нижняя часть современного почвенного слоя; В – голоценовая клиновидная СД в 10 км ниже с. Ахмат; клином СД деформирован современный почвенный слой с подстилающими его неоплейстоцен-голоценовыми элювиально-делювиальными отложениями; Г – раннеголоценовая клиновидная дислокация, вложенная в зону бульдозинга, сложенную дислоцированными отложениями сеномана и турона; белым цветом выделяются дроблённые мергели турона; на периферии клина СД конформные ему прожилки белого карбоната; плоскость клина также покрыта коркой (фрагмент прожилка) белого карбоната (район с. Белогорское)

балльности землетрясения [15], подобные СД могут образоваться при сейсмическом событии интенсивностью не менее 10 баллов по шкале MSK-64. Судя по всему, на территории Среднего Поволжья в начале голоцена, примерно 9–12 тыс. лет назад, произошло одно или серия таких близких во времени событий.

Волжский Уступ с действующим на нём комплексным барьером повышенной контрастности, на котором развиваются генерирующие СД резонансные системы, особо чувствителен к изменениям сейсмического режима ещё и по той причине, что он накладывается на структуру Правобережного свода. Уступ разгружает

накопленные сводом напряжения сжатия. Поэтому система действующего здесь барьера отличается повышенной метастабильностью. В этих условиях любое внешнее воздействие может спровоцировать разгрузку накопленных на Уступе напряжений. Не следует забывать, что южнее, довольно близко, находится высокосейсмичный плейстоцен-голоценовый ороген Кавказа. В этих условиях на барьере Уступа, даже на удалении от очагов кавказских землетрясений, могут развиваться достаточно мощные сейсмогенные деформации.

В то же время на картах сейсмического районирования долина Волги выделяется конформным ей линейным магнитудой $M=5,0\pm 0,2$ [30]. Это не вполне соответствует характеру имеющихся на Уступе сейсмодислокаций. Основная причина такого несоответствия – упомянутый выше информационный дефицит, касающийся и сведений по сеймотектонике. В данной ситуации обозначается необходимость корректировки прогнозируемой сейсмической опасности территории Саратовско-Камышинского Поволжья.

Новейший эндогенный эпигенез, помимо поверхностной карбонатизации, отмеченной выше и связанной с образованием СД, представлен на Правобережье и другими проявлениями. Их отличает разное время развития, неодинаковый вещественный состав и различная (нередко весьма своеобразная) морфология. При этом все СД также приурочены к участкам, нарушенным новейшей тектоникой и сеймотектоникой. Такая связь дополнительно подтверждает высокую активность структуры Правобережного свода. Судя по характеру этих проявлений, здесь на протяжении всего новейшего этапа действовала сложноорганизованная гидротермальная система, продолжающая своё развитие до настоящего времени. Ниже представлена характеристика наиболее типичных проявлений её эволюционного ряда.

«Белые курильщики» – одно из самых ранних (сингенетичных) проявлений этой системы. В южной части маршрута (выше и ниже Камышина) в пляжной зоне под Уступом, сложенным рыхлыми осадками палеоцена (камышинская свита), развиты весьма необычные образования (рис. 4, А–В) – *эллипсоиды размером до $3\times 1,5$ м, буквально набитые раковинами моллюсков различных видов*. Е.В.Милановский в работе [16] отмечает, что академик А.П.Павлов, наблюдавший их намного раньше и сохранивший за ними местное название «караваев», представил эти образования в виде конкреций. При внимательном исследовании обнаружилось, что цепочка этих тел «съехала» в ряде точек наблюдения под Уступ из плейстоцен-голоценового элювиально-делювиального горизонта, перекрывающего осадки палеоцена. Очевидно, эти эллипсоиды были сформированы в самой верхней части палеоценового разреза. При эрозии и абразии рыхлых палеоценовых осадков Правобережного свода их механически устойчивые тела были препарированы и выведены на поверхность.

Насыщенный остатками раковин песчаный субстрат эллипсоидов сцементирован кальцитом. В их центре имеются отверстия, полые или залеченные рыхлым материалом (см. рис. 4, В). Очевидно, что здесь во время седиментации работала *гидротермальная низкотемпературная струйная система с локальными подводными каналами*, вроде «курильщиков», но не «чёрных», а «белых». На ближней периферии восходящих струй углекислых растворов создавалась обстановка, благоприятная для жизнедеятельности моллюсков и мшанок, с образованием вокруг них локальных, плотно заселённых сообществ. Локальность эллипсоидов, сформированных в пределах небольшого по мощности горизонта палеоцена, говорит об относительно коротком времени работы каждой из струй и системы «курильщиков» в целом.

Ниже Камышина, где омолаживающаяся к югу структура свода менее эродирована, включения аналогичных эллипсоидов наблюдались также и в коренном залегании, в самой верхней части Уступа. Здесь же встречаются и более мелкие тела в форме почти идеальных шаров и эллипсоидов (похожие на мячи для регби), также содержащие полые каналы. Осадки нижней части Уступа на участках с эллипсоидами интенсивно дислоцированы (местами до гигантобрекчий) и карбонатизированы. В них, вероятно, действовала тыловая зона гидротермальной системы, тогда как расположенные выше сингенетичные тела «белых курильщиков» формировались в её передовой зоне. Развитие этой системы, по-видимому, контролировала субширотная зона глубинного разлома, пересекающего Уступ в районе Камышина (см. рис. 1, А).

Распространены на Уступе и более привычные для геолога формы гидротермального процесса с развитием штокверка опала, халцедоновидного кварца и интенсивным фоновым окремнением вмещающих мелпалеоценовых осадков. Пример таких штокверковых образований авторы данной статьи наблюдали в 3 км южнее Щербаконской дислокации.

На западе Саратова (карьер в районе пос. Поливановка) А.В. Иванов обнаружил *систему трубчатых халцедон-опаловых тел диаметром до 0,5 м* концентрически зонального строения, различной (от крутой до субгоризонтальной) ориентировки (см. рис. 4, Г–Д). Кольцевые зоны внутреннего контакта этих тел обогащены синевато-чёрным дисперсным веществом (возможно, битумом). Меловые горизонтально-слоистые мергели и алевролиты, вмещающие эти «трубки», заметно литифицированы (окремнены) и разбиты крутыми и послонными трещинами, многие из которых также залечены кремнистым материалом. Нижняя часть самой крупной «трубки» (см. рис. 4) представлена брекчий.

Фрагменты двух ещё более экзотичных и значительно более крупных тел усложнённой трубчатой формы были обнаружены на Уступе в районе *Нижней Банновки* Красноармейского района Саратовской области.

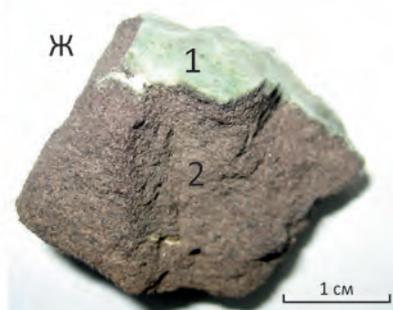
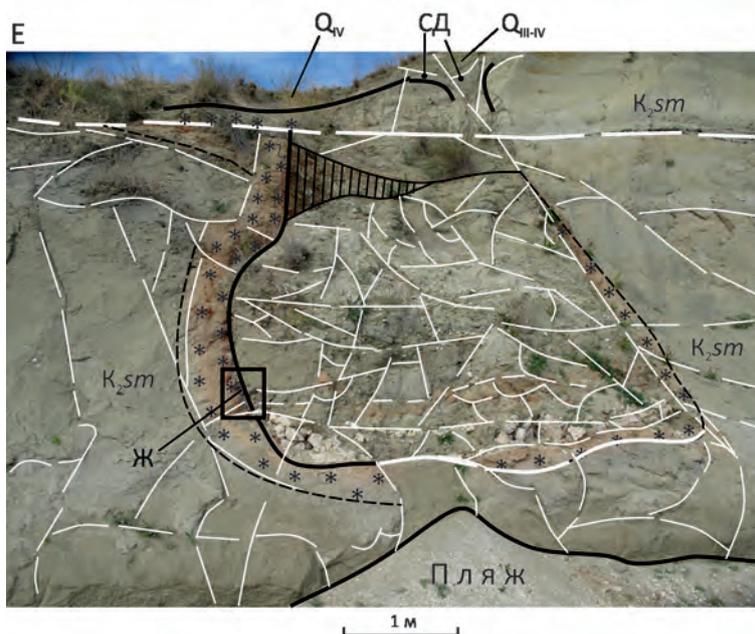
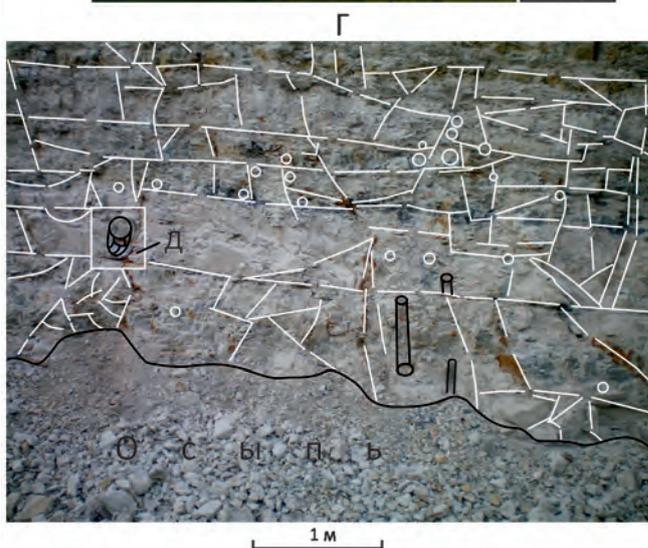
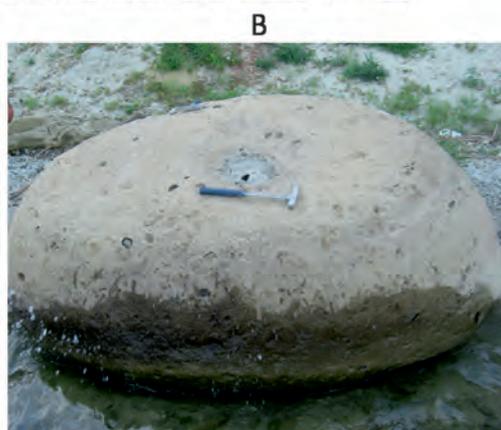


Рис. 4. Проявления гидротермального метасоматоза. Фото А.В.Иванова, документация А.А.Коковкина:

А–В – карбонатные тела эллипсоидов «белых курильщиков» в районе г. Камышин: А – общий вид, позиция под Уступом, В – фрагмент эллипсоида с включениями раковин моллюсков, вид сбоку, В – эллипсоид с подводящим каналом в центре; Г–Д – кремнистые трубчатые тела в окремнённых алевролитах нижнего мела (район г. Саратов): Г – общий вид стенки карьера с кварц-опаловыми трубками, Д – трубка с брекчией в нижней части; Е–Ж – полые трубчатые тела усложнённой морфологии: Е – общий вид тела с брекчиевым выполнением, кремнисто-гематитовой внутренней стенкой и внешней лимонитовой оторочкой; Ж – фрагмент стенки с кремнистой коркой внутренней зоны 1 (светлое наверху) и кремнисто-гематитовой зоной 2 (тёмное)

Самое крупное из них диаметром около 5 м представлено на рис. 4, Е–Ж. Вмещающие его глинистые пески и алевролиты сеномана дислоцированы и слабо карбонатизированы. Система деформировавших их разрывных нарушений в целом конформна структуре этого тела. Верхняя часть тела деформирована субмеридиональным левосторонним сдвигом, срезана поверхностью постхвалынского пенеплена и перекрыта неоплейстоцен-голоценовым элювиально-делювиальным горизонтом. В основании этого горизонта содержится перераспределённый (со смещением к югу) материал лимонитизированной внешней оторочки тела. Его боковой (северный) контакт деформирован крутым субширотным нарушением. Внутри это тело заполнено брекчией вмещающих его глинистых песков сеномана.

Южный (не нарушенный тектоникой) контакт этого экзотического тела с вмещающими осадками также весьма необычен (см. рис. 4, Ж). Он представлен тонкой (1–2 мм), выдержанной бледно-зелёной стекловатой корочкой. В экзоконтакте эту корочку сменяет 5-сантиметровая коричневая промежуточная оторочка с более мощной (до 0,5 м) внешней зоной жёлто-бурой окраски. Стекловатая корочка, по данным исследовавшей её В.М.Тюленевой, сложена агрегатом кварца и опала. Кварцевые пески в оконтуривающей её экзоконтактной (коричневой) оторочке слабо сцементированы тонкими плёнками бесцветного кварца с пылеватым гематитом на их поверхности. За счёт гематита эта промежуточная зона и приобрела коричневатую окраску. Внешняя жёлто-бурая зона является наиболее поздним образованием. Своей окраской она обязана лимониту, заместившему гематит в развивающейся здесь зоне поверхностного окисления.

Характер этих трубчатых тел свидетельствует об их гидротермальной природе и импульсном режиме формирования. Похоже, что здесь мы имеем дело с трубками взрыва, *диатремами*, а точнее, со сложноорганизованными диатремными системами, с их верхними, приповерхностными частями.

Ещё более экзотичные и намного более масштабные образования *очагового кремнекислого гидротермального метасоматоза* находятся в 5 км северо-западнее Камышина (рис. 5, А–Г). Здесь они слагают три возвышенности с запада на восток: Ухо-1, Ухо-2 и Шишанка. Две первые диаметром 200 м, третья – около 600 м. Опи-

сываемые формы рельефа выражены на космоснимках кольцевыми морфоструктурами, расположенными в поле рыхлых палеоценовых песков камышинской свиты, в южной части более крупной, объединяющей их кольцевой структуры. Возвышенность Шишанка с плоской, выровненной плейстоцен-голоценовой эрозией поверхностью, у двух других поверхность неровная. Это различие связано, по-видимому, с разной (первичной) позицией сформировавших их метасоматитов в разрезе вмещающих осадков и, соответственно, с разным уровнем эрозии.

Возвышенности сложены агрегатом халцедоновидного кварца с крайне сложной внутренней, ячеистой структурой с выраженными элементами фрактальности. Ячеистость начинает фиксироваться в них на космоснимках на макроуровне (см. рис. 5, А–Б). При более близком рассмотрении (см. рис. 5, В) видно, что внутренняя структура этих кремнистых построек представлена переплетением открытых полостей разного (от сантиметров до первых метров) размера с причудливо изогнутыми стенками, по форме иногда напоминающими ушные раковины. Эти полости группируются, в свою очередь, в более крупные ячеистые системы.

Стенки ячей дополнительно осложнены трубчатые (полыми), пологоизогнутыми каналами диаметром до $n \times 10$ см (см. рис. 5, Г). Эти каналы, по-видимому, фиксируют поступление самых последних порций силикатных флюидов. Внешние контакты кремнистых сопков с вмещающими их рыхлыми песками резкие, в зоне 1 м. На возвышенности Ухо-1 пески в пределах этой зоны, непосредственно у контакта с метасоматитами, уплотнены до песчаников.

На участках с повышенной дислоцированностью осадков на Уступе нередко можно наблюдать скопления *конкреций* и небольших (диаметром до 25 см) *трубчатых тел*, выполненных сульфидами (пирит, марказит) с замещающим их лимонитом и(или) ярозитом. Особенно насыщены ими алевро-глинистые пески сеномана.

В 12 км ниже Камышина на Уступе, в пределах упомянутой субширотной зоны разлома, развита система субвертикальных *полых трубчатых тел* диаметром около 20 см со слабо уплотнёнными карбонатными стенками (рис. 6, А–Б). Эти полые трубки пронизывают толщу палеоценовых осадков Уступа на всю его высоту, с выходом под современный почвенный слой

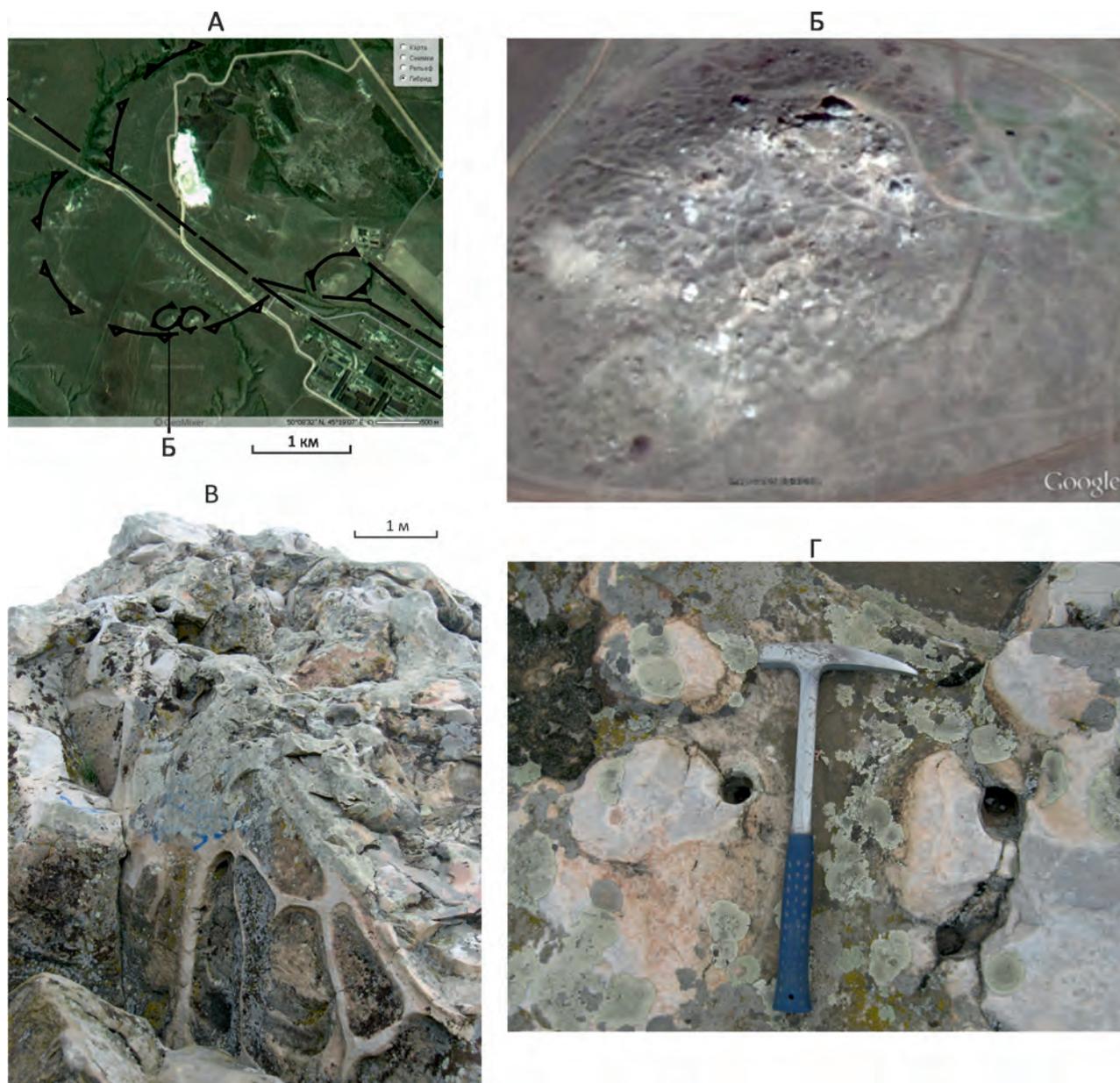


Рис. 5. Сложно структурированная система очагов кремнистого гидротермального матасоматоза в районе г. Камышин. Фото и документация А.А.Коковкина:

А – космофотокарта кольцевых структур гор Уши (район г. Камышин), белое пятно – карьер в рыхлых песках палеоцена (с использованием Google Earth); Б – космофотокарта возвышенности Ухо-1 (с использованием Google Earth); В – ячеистая внутренняя структура метасоматитов возвышенности Ухо-1; Г – полые подводящие каналы метасоматитов (район г. Камышин)

(см. рис. 6, А). Некоторые из них и заполнены сыпучим материалом этого слоя. Можно с большой степенью вероятности предположить, что эти полые трубки представляют до конца не реализованную передовую зону расположенной ниже флюидной системы, для которой они служили подводящими каналами. Судя по позиции

на Уступе, они являются близсовременными образованиями.

Иллюстрацией более высокой активности этих полых трубок является рис. 6, Б. Здесь рыхлые пески палеоцена нарушены серией сближенных вертикальных разрывных нарушений. К ним приурочены полые трубчатые

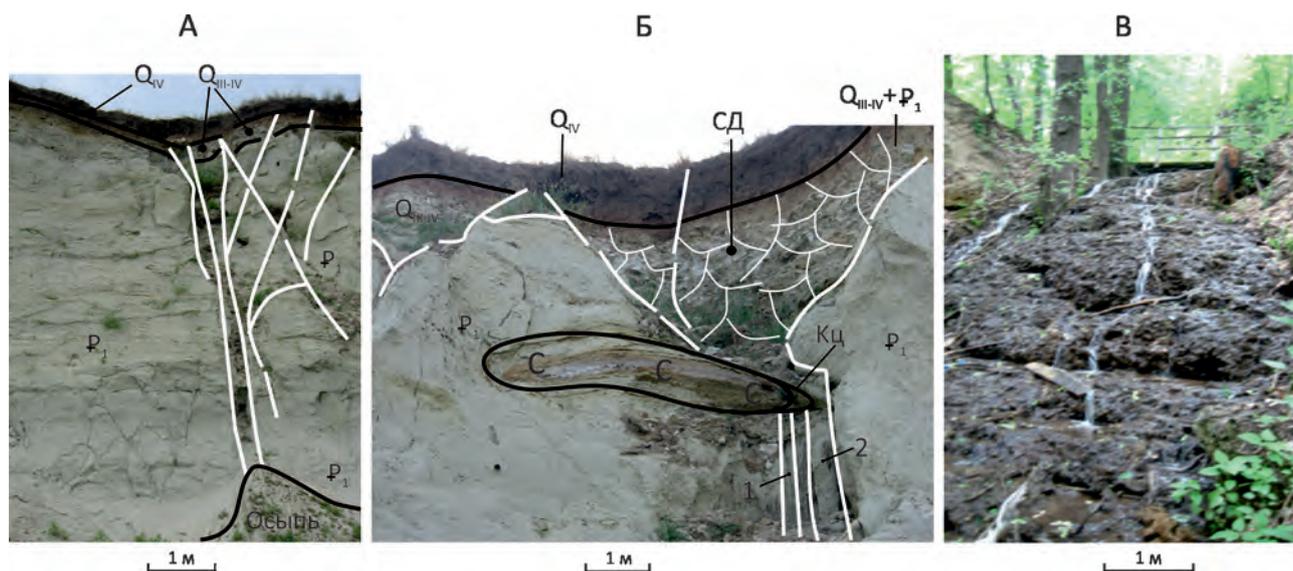


Рис. 6. Примеры очагов голоценового кремнистого гидротермального метасоматоза в Саратовско-Волгоградском Правобережье. Фото и документация А.А.Коковкина:

А – полые трубки – подводящие каналы углекислых растворов в передовой зоне раннеголоценовой гидротермальной системы (район с. Вихлянцево); Б – полая трубка с выходом в основание клина раннеголоценовой сейсмодислокации, стенки уплотнены; слева в центре Уступа горизонтальное тело, сложенное сидеритом (С) с оторочкой кальцита (Кц) (район с. Вихлянцево); В – ручей с современным карбонатизированным аллювием (район с. Луганское)

каналы с уплотнёнными, более проработанными карбонатом стенками. В верхнюю часть Уступа вложен клин СД с затянутым в него рыхлым материалом неоплейстоцен-голоценового элювиально-делювиального горизонта. Контакты клина с вмещающими осадками палеоцена сорваны. Почвенный слой, перекрывающий этот клин снизу, слабо (но заметно) деформирован. Под СД, ближе к центру Уступа, к системе полых трубок примыкает субгоризонтальное тело сидерита с ближней к трубке кальцитовый оторочкой. В данном случае полые трубки, по-видимому, успели поработать в качестве транспортёра карбонатных растворов, чему, очевидно, способствовало наличие здесь сейсмодислокации с выраженными признаками голоценового возраста. При её образовании, вероятно, был активизирован сформировавший эти трубки глубинный флюидопоток.

В окрестностях села *Луганское* Красноармейского района Саратовской области (территория самого крупного на Саратовско-Камышинском побережье Мордовского оползня) в осадки верхнего мела врезано русло небольшого современного ручья, образованного минеральным источником, действующим в его верховьях. Борты и русловой аллювий этого ручья, содержащий многочисленные включения остатков современных растений, проработаны карбонатом до уровня крепких конгломератов кавернозной текстуры (см. рис. 6, В).

Действующая на Правобережье гидротермальная система, заложенная, по крайней мере, в конце палеоцена, сохранила свою активность до настоящего времени. Её развитие контролировали широтные и меридиональные разломы Альпийско-Гималайского пояса. В ходе эволюции эта система меняла состав своих растворов с углекислого в палеоцене, когда работала система «белых курильщиков», на существенно кремнекислый в эоцене (индикаторы – кремнистые трубчатые тела района Нижней Банновки и Саратова, образования Камышинских Ушей) и снова на углекислый в конце плейстоцена и в голоцене.

Восточный борт Правобережного свода в его современном состоянии приобрёл под влиянием динамично взаимодействующих эндогенных и экзогенных процессов достаточно сложное, ступенчатое строение. Самые высокие ступени соответствуют здесь блокам, взброшенным в неоплейстоцене–раннем голоцене и(или) сложенным отложениями, более устойчивыми к эрозии и проработанными гидротермальным метасоматозом. Реликты хвалыньских красноцветов сохранились здесь лишь на самых нижних ступенях, сброшенных уже в постхвалыньское время. В настоящее время эти просажённые ступени дополнительно эродируются современными правыми притоками Волги и развитой на их бортах овражной сетью.

Модель формирования Уступа. Абразионная структура Уступа формировалась на восточном борту Правобережного свода при воздействии на него водного потока Волги, под определяющим влиянием *глобальной ротации*. Под влиянием ротации с западной ориентировкой вектора формируемых ею напряжений абразионный Уступ под воздействием водного потока Волги направленно смещается также в западном направлении. Время появления Волги с её абразионным Уступом идентифицируется возрастом вмещающего субстрата. На Левобережье это выровненная абразией и неоплейстоценовой площадной эрозией поверхность хвалыньских красноцветов с развитым на ней маломощным плащом современного волжского аллювия. Правобережье Волги, на которое воздействует абразия, – это борт новейшей, развивающейся до настоящего времени сводовой структуры, сложенной преимущественно мел-палеценовыми осадками с реликтами хвалыньских красноцветов и постхвалыньских палеоврезов.

Исходя из этого, долина Волги была заложена у границы Правобережного свода с левобережной равниной, на постхвалыньском пенеппене, в самом конце неоплейстоцена, по-видимому, не ранее 15 тыс. лет назад. Этот возраст выглядит непривычно молодым, но вполне соответствует характеру развития вмещающей Волгу структуры с резким наращиванием напряжённости её геодинамики в конце неоплейстоцена. В этот короткий интервал времени здесь было «запрессовано» множество весьма масштабных геологических процессов и событий, возраст которых достаточно надёжно датируется целой системой геологических реперов. Увеличить возрастной диапазон можно, по-видимому, лишь путём увеличения возраста Хвалыньской трансгрессии, опустив при этом её нижнюю и верхнюю возрастные границы. Прецедент подобной операции уже имеется [28], но она выходит за рамки данного исследования.

Динамику смещения Уступа определяет, прежде всего, масса этого потока и компетентность к абразии преимущественно рыхлых осадков Правобережного свода. Наличие на Уступе роя близких по времени образования клиновидных сейсмодислокаций говорит о том, что Уступ со времени их появления (примерно за 10 000 лет) сместился на расстояние, не превышающее половины размеров СД по простиранию, примерно на 1 километр. В этом случае средняя скорость смещения составила 1 см/год. Не исключено однако, что при уменьшении возраста этих сейсмодислокаций она могла быть и выше.

Сложная ступенчатая структура восточного борта свода дополнительно трансформируется развитыми на Уступе современными оползневыми явлениями. Анализ позиции оползней указывает на их избирательную приуроченность к участкам повышенной насыщенности Уступа новейшими тектоническими и сейсмогенными дислокациями. Они активизируют гидродинамику и без того водонасыщенного, хорошо проницаемого

осадочного чехла Правобережного свода, на который здесь под влиянием ротации воздействует и водная система Волги. Это достаточно убедительно иллюстрирует пример Мордовского оползня, самого крупного на исследованном интервале Уступа. В районе оползня отмечена особенно высокая концентрация дислокаций.

Динамично развивающаяся абразионная система Уступа, разгружающая накопленные Правобережным сводом напряжения сжатия, находится в метастабильном состоянии. На участках повышенной дислоцированности и водонасыщенности осадков Уступа степень этой метастабильности резко повышается. Соответственно, повышается и степень «ползучести» этих осадков. В этих условиях любой, даже слабый сейсмический импульс может нарушить динамичное равновесие абразионной системы и активизировать развитие оползня. Тем более если это серия импульсов с высокой энергетикой, проявления которых отмечены здесь наличием сейсмодислокаций.

После появления Саратовского и Волгоградского водохранилищ, существенным образом нарастивших водную массу на рассматриваемой территории, здесь, соответственно, усилилось и действие ротационного эффекта. Следовательно, возросли динамика и скорость абразии, дополнительно увеличилась степень метастабильности абразионной системы Уступа, повысилась её чувствительность к внешним воздействиям. Соответственно, усилились и процессы образования оползней.

В заключение отметим, что результаты исследований структуры Саратовско-Камышинского Правобережья свидетельствуют о её весьма напряжённом развитии на всём новейшем этапе. Правобережный свод, начавший свое формирование примерно в олигоцене–миоцене, с постепенным наращиванием своей структуры в южном направлении продолжает активно развиваться до настоящего времени. В процессе работ получена качественно новая информация по структурирующим свод молодым глубинным процессам. Выделены многочисленные, неизвестные здесь ранее тектонические и сейсмогенные дислокации, проявления низкотемпературного гидротермального метасоматоза. Проведён анализ их взаимосвязей и влияния на площадную эрозию и на формирование самой абразионной структуры Уступа.

Полученные сведения существенным образом заполняют пробел по новейшей истории Волжского Правобережья и Приволжского региона в целом. Это, прежде всего, касается сведений по завершающей (неоплейстоцен-голоценовой) части новейшего этапа с её особенно острым информационным дефицитом по глубинным процессам. Анализ полученной информации, выполненный в едином (региональном) пространственно-эволюционном контексте, указывает на то, что с конца неоплейстоцена, в течение не более 50 тыс. лет,

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

на территории Среднего Поволжья разыгралась целая совокупность различных по природе и структурно-вещественному выражению, весьма масштабных процессов. Эта зажатая в короткий временной отрезок совокупность процессов во многом определила современное состояние её структуры, обозначив вместе с тем тенденции дальнейшего её развития и возможность формирования принципиально новых подходов к их прогнозированию. Последнее касается не только данной территории.

На Каспии и в Азово-Черноморском бассейне с конца неоплейстоцена и в голоцене активизировался рифтогенез. На ближней периферии Каспия поверхность коры прогнулась до минусовых абсолютных отметок в 20–25 м. В самом Каспии только за последние 18 лет уровень водной поверхности поднялся на 2,5 м [28]. В это же время активизировался и Кавказ с его орогенным режимом. Такое совмещение во времени и пространстве полярных геодинамических режимов характерно для всей нелинейно развивающейся (современной) системы Альпийско-Гималайского пояса, которая в свою очередь является индикатором глобальной геодинамики [11].

И, по-видимому, не случайно именно в позднем плейстоцене на этом градиентном рубеже существенным образом изменился характер развития всей биосферы, в которой появился феноменально прогрессирующий вид *Homo sapiens*. Можно предположить, что именно специфика глубинных процессов этого времени создала необходимые условия для его появления и развития, определив при этом характер изменчивой среды обитания. Высокая изменчивость среды могла способствовать развитию мутационных способностей отдельных групп уже существовавших в неоплейстоцене гоминид, заложив механизм их ускоренного развития. В связи с этим, понимание закономерностей неоплейстоцен-голоценового времени является определяющим для прогнозирования дальнейшего развития нашей среды обитания с её многочисленными природными рисками.

В этом плане Волжский Уступ с его едва ли не 1000-километровой протяжённостью, великолепной обнажённостью, наличием надёжных геологических реперов, насыщенный проявлениями неоплейстоцен-голоценовых процессов, выступает в роли уникального исследовательского полигона. В таком качестве он, пожалуй, не имеет мировых аналогов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-05-00097а) и Минобрнауки России (инициативный проект 5.5177.2017/8.9); по комплексной научно-инновационной программе Саратовского государственного технического университета имени Ю.А.Гагарина на 2016–2018 годы (направление 15В); по программе развития опорных университетов на 2017–2021 годы.

1. *Ваньшин Ю.В.* Геологические феномены Жирновского полигона учебной практики студентов СГУ им. Н.Г.Чернышевского. – Саратов: Изд-во «Научная книга», 2008.
2. *Верхнемеловые* отложения северо-запада Саратовской области. Ст. 1. Разрез у д. Вишнево. Лито- и биостратиграфический анализ / А.Г.Олферьев, В.Н.Беньямовский, В.С.Вишневская и др. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15. № 6. С. 62–109.
3. *Верхнемеловые* отложения северо-запада Саратовской области. Ст. 2. Проблемы хроностратиграфической корреляции и геологической истории региона / А.Г.Олферьев, В.Н.Беньямовский, В.С.Вишневская и др. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2008. Т. 16. № 3. С. 47–74.
4. *Востряков А.В.* Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы. – Саратов: СГУ, 1967.
5. *Гоби-Алтайское землетрясение* / Под ред. Н.А.Флоренсова, В.П.Солоненко. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.
6. *Иванов А.В.* Палеоэкологические особенности кайнозойских гидротерм Нижнего Поволжья // Коэволюция геосфер: от ядра до Космоса: мат-лы всерос. конф. памяти члена-корреспондента РАН Глеба Ивановича Худякова. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2012. С. 269–272.
7. *Карта* новейшей тектоники Северной Евразии. Масштаб 5 000 000. 12 листов. / Гл. ред. А.Ф.Грачев. – М.: ОИФЗ РАН, 1997.
8. *Карта* новейшей тектоники Среднего и Нижнего Поволжья. Масштаб 1:500 000 / Под ред. Ф.И.Ковальского. – Саратов: СГУ, 1981.
9. *Коковкин А.А.* Голоценовые дислокации в структуре Хабаровско-Хехцирской системы новейших инверсионных поднятий – проявление нелинейного и волнового характера сейсмического процесса // Вулканология и сейсмология. 2006. № 5. С. 71–80.
10. *Коковкин А.А.* Резонансная модель деформационной системы землетрясения как альтернатива сдвиговой модели // Проблемы современной сейсмогеологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии: мат-лы всерос. совещ. с международным участием. Т. 1. – Иркутск, 2007. С. 146–151.
11. *Коковкин А.А.* Эволюция новейшей окраинно-континентальной структуры Намибии и структура-антипод Востока Азии. Опыт междисциплинарного исследования на синергетической основе. – Саратов: Приволжская книжная палата, 2014.
12. *Коковкин А.А.* Эндеогенные уран-полиэлементные рудообразующие системы в рифтогенных структурах юга Дальнего Востока России // Отечественная геология. 2006. № 2. С. 5–12.
13. *Лихоман О.А., Ваньшин Ю.В., Токарский О.Г.* Минералы-индикаторы неотектонических процессов в пределах платформенных и складчатых областей (Поволжье, Южный Урал, Фергана) // Минералогическое общество и минералогическая наука на пороге XXI в.: тез. докл. к IX съезду Минералогического общества при РАН. – С.-Пб.: СПбГУ, 1999. С. 84–85.
14. *Мазарович О.А., Милановский Е.Е., Костюченко С.Л.* Тектоническая карта России, сопредельных территорий и акваторий. Масштаб: 1:4 000 000 / Отв. ред.

- Е.Е.Милановский. – М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии России, ФГУП «Производственное картосоставительское объединение «Картография», 2007.
15. *Медведев С.В.* Инженерная сейсмология. – М.: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962.
 16. *Милановский Е.В.* Очерк геологии Среднего и Нижнего Поволжья. – М.–Л.: Гос. тех. изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1940.
 17. *Научно-просветительская* экспедиция по Саратовско-Волгоградскому Правобережью «Гагаринский плавучий Университет». Путевые фотоочерки / А.В.Иванов, И.А.Яшков, А.А.Коковкин, А.П.Исаченко. – М.: Изд-во «Университетская книга», 2015.
 18. *Обедиентова Г.В.* Из глубины веков. Геологическая история и природа Жигулей. – Куйбышев: Куйбышевское книжное издательство, 1988.
 19. *Пролеткин И.В.* Методика комплексного изучения новейшей тектоники, трещиноватости и мегатрещиноватости Поволжья с целью районирования территории по условиям захоронения промстоков // Экологические проблемы Волги: тез. докл. конф. – Саратов: СГУ, 1989. С. 106–107.
 20. *Свиточ А.А.* Всемирный потоп и великая Хвалынская трансгрессия Каспия // Природа. № 1. 2006. С. 20–24.
 21. *Трифонов В.Г.* Неотектоника Евразии / Тр. ГИН РАН. Вып. 514. – М.: Научный мир, 1999.
 22. *Философов В.П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. – Саратов: СГУ, 1960.
 23. *Хаин В.Е.* Общая геотектоника. – М.: Недра, 1976.
 24. *Худяков Г.И., Ахлестина Е.Ф., Букина Т.Ф.* Палеогидротермальные проявления в Нижнем Поволжье // Структура и эволюция минерального мира: мат-лы междунар. минералогического семинара. – Сыктывкар, 1997. С. 166–167.
 25. *Четвертичные* отложения, геоморфология и новейшая тектоника Среднего и Нижнего Поволжья. Ч. 2. Объяснит. записка к картам масштаба 1:500 000 / Под ред. Ф.И.Ковальского. – Саратов: СГУ, 1982.
 26. *Четвертичные* отложения, рельеф и неотектоника Нижнего Поволжья. – Саратов: СГУ, 1978.
 27. *Четыреста* миллионов лет геологической истории южной части Восточной Европы / А.М.Никишин, П.А.Фокин, П.Л.Тихомиров и др. Серия аналитических обзоров «Очерки по региональной геологии России». Вып. 1. – М.: Геокарт, 2005.
 28. *Янина Т.А.* Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. – М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, 2012.
 29. *Anissimov L.A., Vanshin J.V., Tokarsky O.G.* Neotectonics and Paleozoic karsts aquifers in the lower Volga region // Proceedings Eight International Congress International Association for Engineering Geology and the Environment. Canada. 1998. P. 2199–2204.
 30. *Ulovov V.I.* Seismic hazard of Northern Eurasia // Annali di Geofisica. Vol. 42. № 6. December 1999. P. 1023–1036.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РИСУНКОВ

Рисунки и другие графические материалы представляются в цветном или черно-белом варианте в электронном виде. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала (170×237 мм). Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: графический редактор Corel Draw, JPEG и TIFF (только для фото), диаграмма Microsoft Excel. Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. **Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.** Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.