

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ПЛАТФОРМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ

В.И. Макаров

В качестве вступления остановимся на целесообразности выделения **четвертичной** геодинамики. Есть ли такая? Имеется немало аргументов, позволяющих ответить на этот вопрос положительно. Это – часть геодинамики новейшего этапа, которая, действительно, имеет достаточно самостоятельное значение. Дело в том, что в течение новейшего тектонического этапа (позднего кайнозоя) во многих областях не только активно проявления тектонических движений и деформаций земной коры и ее поверхности, но и в пределах платформ установлены достаточно значительные перестройки структурных планов, отраженные в распределении и составе осадочных отложений и форм рельефа. Одна из наиболее заметных перестроек произошла на рубеже неогена и четвертичного периода или, в общем, в эоплейстоцене. Этот рубеж исследователи отмечали во многих различных областях, особенно при составлении карт новейшей тектоники, когда вставала необходимость выбора изображения суммарных деформаций за новейший этап, при котором не терялись бы основные формы рельефа земной поверхности, являющиеся, по определению, одним из основных результатов и индикаторов новейших тектонических движений.

В областях молодого эпиплатформенного горообразования Центральной Азии, давших начало новейшей тектонике как научной дисциплине, дискордантность ранних и поздних стадий не столь заметна. Там структура и рельеф развивались по сравнительно консервативному плану, хотя и с очевидными новообразованиями, которые отражают структурную и, в меньшей степени, вещественную эволюцию геологической среды и геодинамических условий. Изменения в большей мере проявились в интенсивности тектонических движений, которые в эоплейстоцене–начале раннего неоплейстоцена (или, по старой шкале, в самом конце плиоцена – начале раннего плейстоцена) резко ускорились, в основном за счёт общих поднятий, и отмечены формированием своеобразного комплекса существенно грубообломочных отложений. Например, в Памиро-Тяньшанской

области это каракитайская серия (шарпылдакская свита и её аналоги) [Несмеянов, Макаров, 1974; Корреляция..., 1985], на Алтае – башкауская свита [Девяткин, 1981], в Монголии – гобийские конгломераты Н.А. Флоренсова или свиты туингол и гошу Е.В. Девяткина. И это побуждало некоторых исследователей вообще относить начало новейшего тектонического этапа именно к этому рубежу или выделять его в качестве главной фазы позднекайнозойского горообразования.

В областях молодого горообразования с иной предысторией, которые традиционно назывались «эпигеосинклинальными» (например, Кавказ и другие области Альпийского пояса), структурные, морфологические и, следует полагать, геодинамические перестройки проявились существенно ярче, что в свое время позволило Е.Е. Милановскому [1968], выделить достаточно различающиеся раннеорогенный и позднеорогенный этапы новейшего орогенеза. К аналогичному выводу приводит анализ неотектонической структуры и платформенных областей, в частности, наш собственный опыт изучения и картирования неотектонической структуры Русской плиты [Юдахин и др., 2003; Макаров и др., 2006], а также Западно-Сибирской плиты. Из всего этого следует, что четвертичная составляющая новейшей тектоники далеко не во всём повторяет последнюю, отражая не только количественные, но и качественные изменения, которые, очевидно, связаны с изменчивостью геодинамических условий.

Известной спецификой и трудностью геодинамического анализа, в полной мере относящимися к изучению четвертичной геодинамики, является то, что он имеет ретроспективный характер и основывается главным образом на остаточных деформациях, которые зафиксированы в структурных и формационных особенностях верхнекоревой части литосферы, в геофизических полях и некоторых представительных явлениях (сейсмичность, вулканизм). По существу, речь идет о геодинамических интерпретациях установленных структур, геофизических полей и явлений. Соответствие этих интерпретаций дей-

ствительности зависит от правильности структурных построений и учета множества факторов и условий. Главной трудностью изучения четвертичной тектоники и геодинамики континентальных платформ является то, что при тех амплитудах, временных и пространственных градиентах тектонических движений, которые присущи таким областям, остаточные деформации за этот период крайне малы и очень трудны для выявления и получения необходимых характеристик. Градиенты изменений амплитуд измеряются величинами 10^{-3} – 10^{-4} и редко превышают первые метры на километр расстояния. К тому же они распределены на больших пространствах, составляющих от единиц до нескольких десятков километров. При этом обычно мы имеем дело со структурами, которые формировались в течение десятков и сотен тысяч лет. Это определяется по изменениям мощности отложений, глубины и ширины эрозионных врезов и по другим известным признакам. Это, прежде всего, увеличение мощностей отложений в пределах отрицательных структурных форм и их уменьшение или вовсе отсутствие в пределах поднятий, соответственно менее глубокие и более широкие врезы в первом случае и обратные соотношения во втором случае.

Другая трудность заключается в большой пестроте строения и прерывистости распространения покрова четвертичных отложений. Очень недостаёт пространственно выдержанных отложений, которые могли бы быть структурными реперами. Во многих случаях в пределах поднятых массивов они практически отсутствуют на больших пространствах. По этой причине поднятия, представленные эрозионно-денудационными равнинами, оказываются изученными значительно хуже аккумулятивных равнин, представляющих отрицательные структурные формы. В определенной мере это компенсируется использованием геоморфологических уровней (поверхностей выравнивания и террас), коррелятивных комплексов осадочных отложений. На рис. 1 представлен корреляционный разрез поднятия Восточного Донбасса и смежных прогибов, который вместе с необходимой серией других подобных разрезов позволяет достаточно определённо судить о его неотектонической и четвертичной структуре, в том числе получать количественные характеристики [Макаров и др., 2006].

К сожалению, возрастные определения и корреляция четвертичных отложений и, соответственно, форм рельефа часто весьма спорны. К тому же, датировки отложений подвержены изменениям. Проблема в том, что те или иные стратиграфические нововведения часто оказываются

недостаточно аргументированными или, во всяком случае, не согласованными в необходимой мере на достаточно больших территориях, обеспечивающих трансзональную (относительно ландшафтно-климатических и структурно-геоморфологических зон) корреляцию, и не учитывают структурно-геоморфологические условия положения континентальных отложений. А надо отметить, что эти условия являются достаточно жёстким элементом континентальных формаций, если под последними понимать **неразрывную** целостность как отложений, так и форм рельефа, которые они образуют и в которые они вложены. Возрастные датировки и корреляции континентальных четвертичных отложений, осуществляемые почти исключительно на основе биостратиграфических и физических методов, не представляются безупречными, о чём достаточно красноречиво свидетельствуют многочисленные вариации известных схем стратиграфического расчленения четвертичных отложений Русской равнины и что уже неоднократно отмечено в наших предшествующих публикациях [Макарова, Макаров, 2003–2006]. Всё это не способствует решению структурных и историко-тектонических задач, а спорность структурно-геодинамических интерпретаций часто связана и с этим.

Из-за перечисленных трудностей о тектонических движениях и деформациях четвертичного периода, о геодинамических условиях, которые их порождают и определяют, принято судить, исходя из тектонической структуры и формаций всего новейшего этапа, продолжительность которого на порядок больше, а суммарные деформации более представительны и более доступны изучению и картированию. Но необходимо повторить, что новейший тектонический этап, несмотря на его относительную непродолжительность, не сводится к некоторому монотонному процессу и что четвертичные геодинамические условия и деформации не являются прямым продолжением, некоторой уменьшенной копией неотектонической картины в целом. Четвертичные деформации далеко не всегда повторяют неотектонические. И это важно иметь в виду, особенно при оценках структурно-геодинамических опасностей, которые могут угрожать особенно ответственным инженерным сооружениям. Здесь в первую очередь нужны достаточно конкретные сведения именно о четвертичной геодинамике и деформациях.

То же самое следует сказать о соотношении четвертичных и современных движений, измеряемых инструментальными методами. Последние характеризуют некоторые короткопериодные или высокочастотные процессы и также не явля-

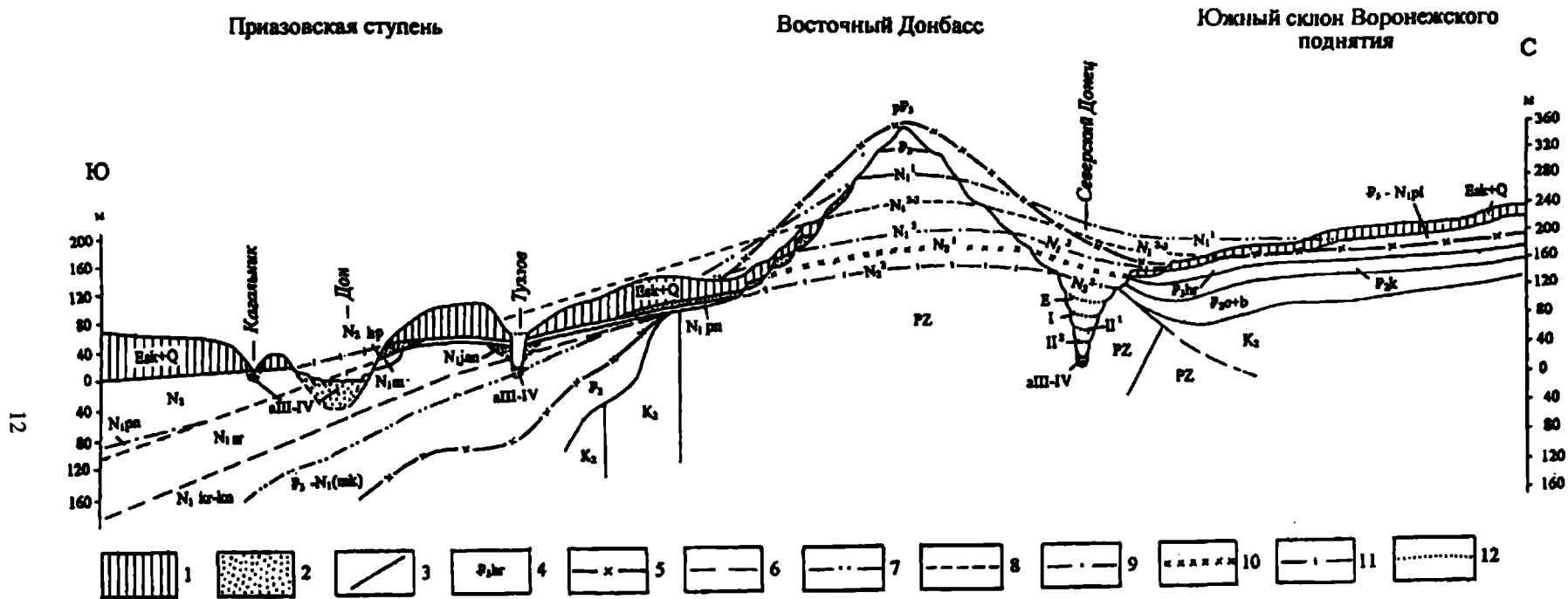


Рис. 1. Принципиальная корреляционная схема форм рельефа и новейших отложений

1 – покровные образования (скифские глины и лессовидные суглинки с погребенными почвами); 2 – песчаные отложения сулинской, хаповской, яновской свит и четвертичных отложений; 3 – разрывные нарушения; 4 – индексы разновозрастных свит; 5–12 – сопоставительные линии денудационных, эрозионно-денудационных, эрозионно-аккумулятивных поверхностей: 5 – допозднепалеогеновой (рPg₃), 6 – позднеолигоценовой (Pg₃), 7 – раннемиоценовой (N₁¹), 8 – средне-позднемиоценовой (N₁²⁻³), 9 – позднемиоценовой (N₁³), 10 – раннеплиоценовой (N₂¹), 11 – позднеплиоценовой (N₂²), 12 – эо-неоплейстоценовых (E-Q)

ются достаточными для решения вопросов четвертичной геодинамики. Действительно, при тех скоростях современных вертикальных движений земной коры, а точнее земной поверхности, которые обозначены на картах этих движений (а это $\pm 1 \div 5$ мм/год), на Русской плите за четвертичное время могли бы возникнуть горы высотой до 1–2 км и выше и соответствующей глубины впадины. Таковых нет. И это достаточно определённо свидетельствует о преимущественно колебательном характере высокочастотных движений земной коры. Трендовая составляющая фактически не фиксируется.

В такой ситуации изучение четвертичной тектоники и геодинамики должно, по-видимому, опираться прежде всего на эволюционный анализ неотектонической структуры с выявлением стадий и тенденций ее развития. А для этого необходима более совершенная стратификация и корреляция четвертичных отложений и форм рельефа.

Важнейшей характеристикой, представляющей цель и инструмент геодинамического анализа, является напряженное состояние геологической среды и распределение в ней главных напряжений. При их изучении применяются разные методы прямых и косвенных определений. Данных прямых измерений, выполненных в скважинах и горных выработках, к сожалению, немного, и они не дают достаточно представительной картины, за исключением лишь отдельных областей и районов. К тому же они характеризуют напряженное состояние, сложившееся на момент измерений и распространение которого на более продолжительные времена, как и в случае с современными движениями, требует учета многих других обстоятельств. Из методов косвенных определений геодинамических условий четвертичных деформаций наиболее распространенными являются выявление и анализ трещиноватости и парагенезов структурных форм.

Анализ трещиноватости горных пород, а также линеаментов, часто рассматриваемых в качестве если не активных разломов, то «мегатрещин», дал большой материал и много интересных интерпретаций геодинамического содержания. Отметим, в частности, кинематические и геодинамические реконструкции, выполненные для Восточно-Европейской платформы в целом или для отдельных её областей П.Н. Николаевым, О.И. Гущенко, В.А. Зайцевым, М.Л. Коппом, В.А. Корчамагиным, Л.А. Сим, Т.В. Сухановой, Т.Ю. Тверитиновой и рядом других исследователей. Большое значение имеют, например, выводы, подтверждающие представления о далеко распространяющемся динамическом воз-

действии на эту платформу со стороны смежных тектонически активных областей. Но следует отметить, что эти интерпретации не всегда убедительны. Главная причина состоит в недостаточно обоснованном отнесении трещин, измеряемых, как правило, в разновозрастных породах дочетвертичного цоколя, к четвертичному времени. Это – актуальнейший вопрос фундаментального и прикладного значения. Не менее злободневным является также вопрос об отнесении трещин к категории тектонических, а не диагенетических и планетарно-ротационного генезиса.

Последнее в значительной мере относится и к линеаментам, которые в большом множестве выявляются повсеместно по аэро- и космическим изображениям и топографическим картам земной поверхности. Несмотря на, казалось бы, глубокую проработку вопроса о природе линеаментов и многообразных аспектах, которые необходимо учитывать при их интерпретации [Космическая..., 1983], их продолжают рассматривать в качестве разрывных нарушений («разломов») или, в лучшем случае, так называемых «мегатрещин». При этом их генетическая (геологическая) сущность, особенно последних, как правило, не анализируется, не раскрывается и остаётся непонятной. Связь линейных элементов рельефа с разломами и тектонической трещиноватостью массивов горных пород просто постулируется. Факт проявления линеаментов через ландшафтно-геоморфологические особенности земной поверхности позволяет относить их аргюи к четвертичным и современным. Это, а также относительная лёгкость выделения линеаментов делают их использование очень привлекательным, и через их посредство нередко осуществляются очень многие структурные, кинематические и геодинамические построения.

При этом следует заметить, что линеаменты используют для интерпретации не только четвертичных или новейших, но и всех более древних структур земной коры. Это понятно и необходимо для территорий, где соответствующие древние формации выведены на поверхность и линеаменты прямо представляют различного рода дизъюнктивные нарушения (и разломы, и трещины). Но весьма спорно, когда речь идет о территориях платформенных плит, где древние формации, особенно фундамент, погребены под более или менее мощным покровом разновозрастных осадочных отложений, трещиноватость которых отражает длительную эволюцию геодинамических условий. Сравнительный анализ многочисленных публикаций, посвященных линеаментным сетям как отдельных больших и ма-

лых территорий, так и целых континентов, например, Евразии, показывает, что в этих сетях, по существу, теряются контуры и различия горно-складчатых и платформенных областей и их внутренняя дифференциация. Это красноречиво показывают, например, рис. 2 и 3, на которых представлены карты линеаментов Евразии, составленные в разное время по разным материалам и разными авторами. Они достаточно определенно свидетельствуют, что в целом линеаменты проявляют некоторое общее свойство или состояние (делимость) земной коры, которые, как уже давно показано специальными авторитетными исследованиями (см., например, работы С.С. Шульца [1979 и др.]), генетически связаны с планетарными напряжениями неравномерно вращающейся Земли. В связи с этим отметим, что, наверное, не является случайным столь значительное отличие довольно пластичных рисунков сетей реальных разломов от геометризованных, в основном прямолинейных линеаментов. Таким образом, историко-структурные и геодинамические интерпретации линеаментов должны контролироваться не только и не столько геоморфологическими, сколько реальными геологическими фактами. Последние практически не подтверждают существования на изученных нами обширных и достаточно разнообразных территориях Русской, Скифской и Западно-Сибирской плит четвертичных разломов в прямом смысле этого термина, предполагающего достаточно заметные относительные смещения геологических тел. Линеаментов множество, документированных разломов мало¹. Во всяком случае, их далеко не столько, чтобы потерялось отличие платформ от областей активного тектогенеза. Это было бы геологическим нонсенсом.

Несмотря на множество вопросов, связанных с выделением, структурной и геодинамической интерпретацией линеаментов, они принесли много нового в познание свойств геологической среды и её напряженного состояния. Ясно, что они должны оставаться одним из инструментов структурного и геодинамического анализа. Это тем более важно, когда внимание специалистов вновь обращено к планетарным силам, действующим на Землю.

Более эффективными и близкими к реальности представляются геодинамические интерпретации, основанные на закономерностях структурных рисунков, т.е. на анализе тектонических структур, как комплексов парагенетически сопряженных изгибных и разрывных дислокаций,

которые должны соответствовать некоторому распределению тектонических сил на определенном этапе эволюции структурно-геодинамических условий, в данном случае четвертичном². Именно эти закономерности позволяют производить геодинамическое районирование больших и малых платформенных территорий. Его основой являются геодинамические системы разных порядков. В системы панрегионального порядка объединяются геодинамически активные области и примыкающие к ним части платформенных территорий, на которые распространяется воздействие этих активных областей [Макаров, 1996; Щукин, 1996; Копп, 2004]. При этом появляется возможность выделять в пределах платформ области, которые подвержены воздействию разных источников тектонических сил и структура которых отражает сложение этих воздействий. В качестве равновероятных и каким-то образом взаимодействующих рассматриваются как латеральные воздействия на континентальные платформы и соответствующее взаимовоздействие внутриплатформенных массивов (блоков), связанные с движениями литосферных плит, так и воздействия, связанные с процессами на разных глубинных уровнях в недрах самих платформ. Более или менее обширные зоны суперпозиции разных геодинамических систем имеют место в различных частях изученных нами Восточно-Европейской платформы, Скифской, Туранской и Западно-Сибирской плит [Макаров, 1996; Щукин, 1996; Макаров и др., 1997, 2006; Юдахин и др., 2003].

Давней и, вместе с тем, весьма актуальной проблемой изучения четвертичной тектоники остаётся соотношение форм рельефа с формами тектонических структур. В связи с этим необходимо вспомнить вывод основоположников новейшей тектоники С.С. Шульца, В.А. Обручева и Н.И. Николаева, да и многих других авторитетных геологов и геоморфологов, что из-за различных соотношений интенсивности экзогенных процессов с интенсивностью тектонических деформаций новейшие и четвертичные структурные формы далеко не всегда имеют прямое геоморфологическое выражение. Этот вывод, подкрепленный материалами многих других исследователей, сохраняет особенно высокую актуальность при структурно-тектонической и геодинамической интерпретации рельефа платформ, где указанное соотношение обычно складывается далеко не всегда в пользу тектонического фак-

¹ В данном случае из рассмотрения исключены нарушения гляцио-тектонической природы и связанные с диапризмом.

² Изучение трещиноватости является одной из составляющих такого анализа и в его рамках приобретает необходимые ориентиры и контроль.

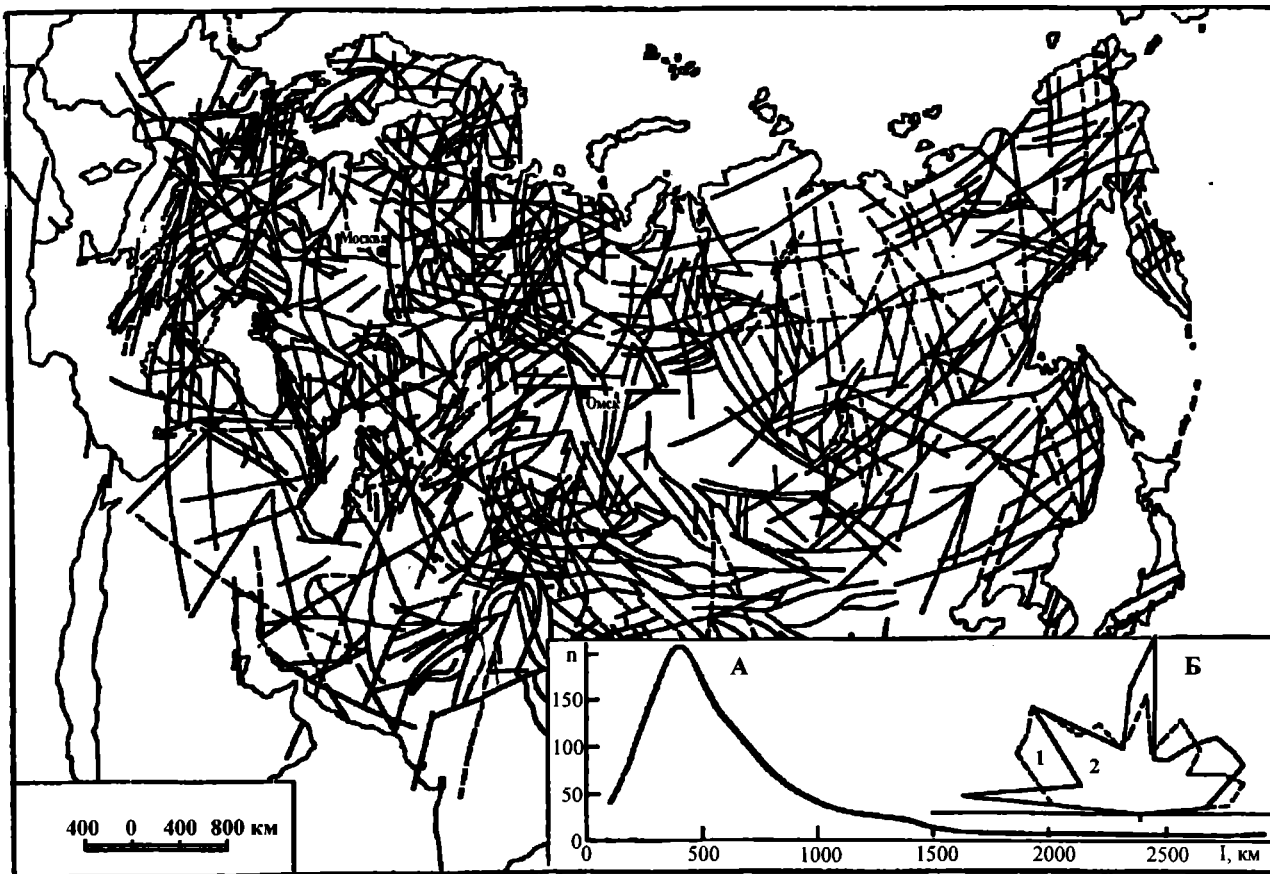


Рис. 2. Карта тектонических линеаментов Северной Евразии (по В.И.Макарову [1980]).

тора. Тем не менее, для последних лет очевидна тенденция некритического, прямого отождествления многих элементов и особенностей рельефа с неотектоническими и четвертичными, в том числе ныне активными структурными формами. Наиболее популярно отождествление долин больших и малых рек, а случается и менее крупных форм рельефа (оврагов, уступов террас и др.) с разломами или, в лучшем случае, с уже упомянутыми «макротрещинами». В результате нередко публикуются построения, которые далеки от реальности или, во всяком случае, нуждаются в обстоятельной аргументации. Порою же они поражают своими заблуждениями и наивной уверенностью в их истинности (см., например, [Батугина и др., 2003]).

Одним из ярких опровержений этих заблуждений является хорошо документированный факт латеральной миграции речных русел, который, по-видимому, основательно забыт. В 50-х годах XIX столетия российский академик К.М. Бэр объяснил отмеченную ещё П.С. Палласом, П.А. Словцовым и другими его предшественниками асимметрию речных долин *закономерным эрозионным разрушением склонов в*

результате последовательного и однонаправленного бокового смещения рек, вызванного совокупным воздействием вращения Земли и течения воды в реке (силами Кориолиса): в северном полушарии реки смещаются к правым берегам, подмывая и делая их крутыми, а в южном – к левым. Это явление, получившее название закона Бэра, французский физик Ж. Бабине в 1859 г. обосновал с позиций механики и дал формулы для определения величины линейного и углового уклонения какого-либо тела, движущегося на поверхности вращающейся Земли. Иногда этот закон, относящийся, как было выяснено позже, не только к рекам, называют законом Бэра-Бабине.

Впоследствии асимметрию речных долин продолжали изучать многие российские и зарубежные исследователи. Кроме указанной выше, она объяснялась и другими причинами: структурными особенностями склонов (наклоном слагающих их пластов), литологией или различной крепостью размываемых пород; климатическими причинами, в том числе неравномерной инсоляцией склонов, приводящей к неравномерной их эрозии и плоскостной денудации; действием вет-

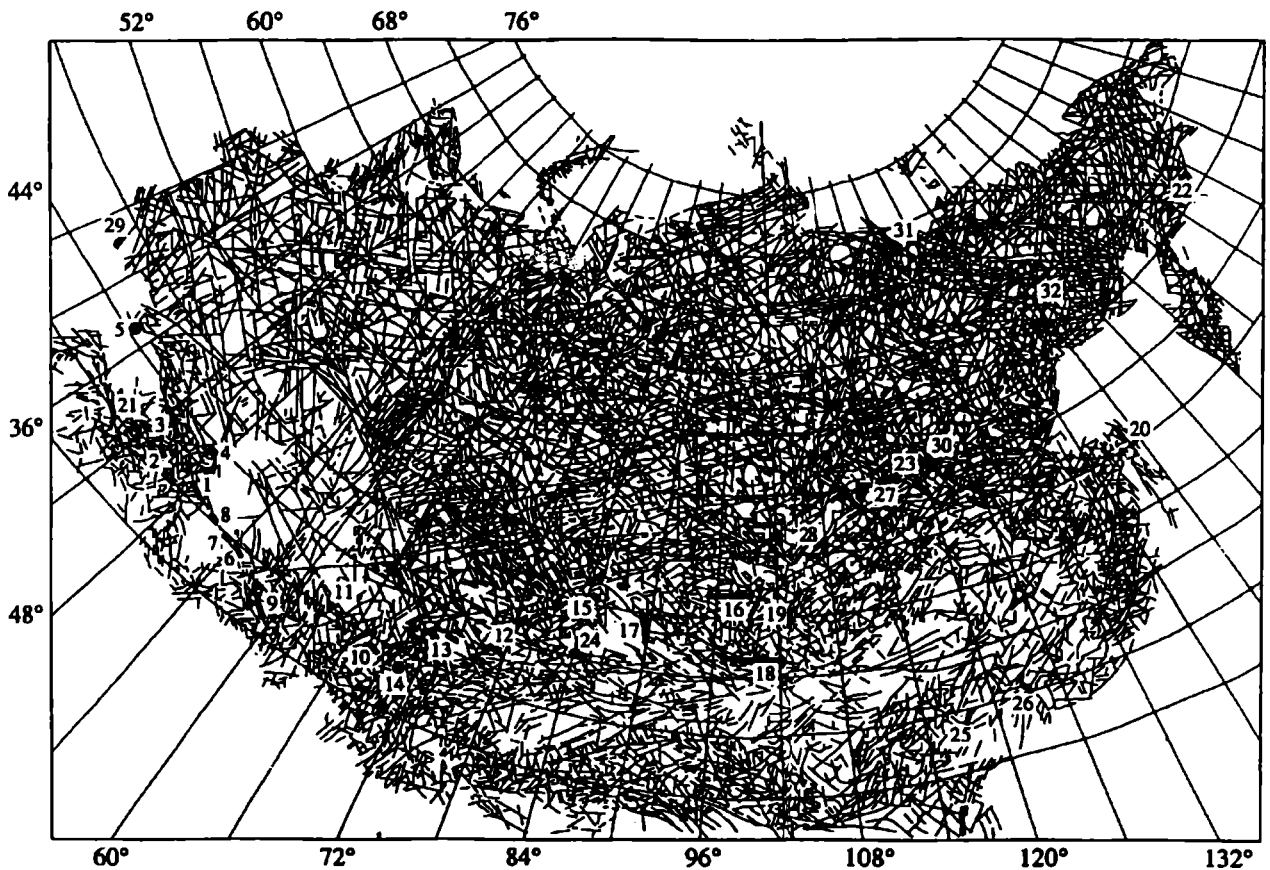


Рис. 3. Карта линейментов и блоков Северной Евразии. Составлена Ю.В.Нечаевым и К.Ю. Панкратовой по дистанционным данным [Рогожин, 2005]

Тонкими линиями показаны линейменты, толстыми – очаговые зоны сильнейших землетрясений

ра, отклоняющим течение реки к одному из берегов; глубиной расчленения рельефа и возрастом долин; влиянием гравитационных аномалий; тектоническими причинами (приуроченностью долин к различным структурам, в частности, к разломам, отклонением рек растущими поднятиями) и др. Все эти причины рассмотрены и проанализированы в работах А.А. Борзова, И.С. Шукина, С.С. Воскресенского, Е.В. Шанцера, К.И. Геренчука и В.Н. Сементовского. На отдельных участках долин их асимметрия, действительно, может быть связана с каким-либо из упомянутых факторов или совокупностью нескольких из них. Однако неизменной причиной остается действие сил Кориолиса, заставляющее речные долины независимо от их ориентировки, размеров и водности смещаться в сторону правых берегов в северном полушарии и в сторону левых в южном. Е.В. Шанцер [1951] сделал расчеты кориолисовых ускорений, действующих на речные потоки. Их величины могут составлять 0,75 горизонтальной составляющей ускорения силы тяжести, поддерживающей течение реки.

Особенно ярко действие сил Кориолиса проявляется на равнинных территориях, в частности, на Русской равнине, где почти 90% речных долин имеют правостороннюю асимметрию [Воскресенский, 1947]. Замечено, что латеральное смещение и асимметрия в большей мере выражены у крупных рек с хорошо разработанными долинами, начавшими свое развитие с олигоцена или миоцена. У долин, развивающихся в течение сравнительно непродолжительного времени, на молодых низких равнинах или в областях распространения средне- и позднеплейстоценовых ледниковых покровов, асимметрия проявилась в меньшей мере. Таким образом, фактор времени или длительность развития долин, имеет большое значение на величину смещения и яркость их асимметрии.

В южной части Русской равнины асимметрия долин характерна для рек бассейнов Дона, Днепра и Волги. Здесь как магистральные реки, так и их притоки - Сев. Донец, Медведица, Припять, Ворскла, Кама и другие, в том числе и менее крупные, правосторонне асимметричны. Долина Дона

асимметрична практически на всем своем протяжении, как на меридиональных, так и широтных участках, несмотря на то, что она пересекает различные по простиранию и размерности новейшие и четвертичные поднятия и прогибы. В пределах Окско-Донского молодого прогиба, где долина Палео-Дона (по Г.И. Горецкому) субмеридиональна, миграция ее к западу, к правобережному склону проявлена с миоцена и составила 130–150 км. И в настоящее время долина накатывается на склон древнего и устойчиво растущего Воронежского поднятия, *уходя из прогиба* (рис. 4). Средняя скорость смещения реки здесь достигает весьма больших величин – около 5–6 мм/год. Очевидно, что интенсивность боковой эрозии здесь превышает интенсивность тектонической деформации (перекоса склона Воронежского поднятия в сторону прогиба). В приустьевой субширотной части долины Дон, начиная с позднего мэотиса–раннего киммерия, переместился на север, также *из прогиба (Азово-Кубанского) в сторону поднятия Донецкого кряжа* на расстояние до 100 км (со средней скоростью до 10–12 мм/год). Можно предполагать, что скорость миграции реки здесь увеличена региональным перекосом всей равнины, связанным с позднеорогенной фазой поднятия и расширения свода Большого Кавказа. Аналогичным образом, отчленение Палео-Дона от Каспия, куда он впадал в миоцене, и поворот его к Азово-Черноморскому бассейну в плиоцене были обусловлены и силами Кориолиса, и ростом Транскавказского поперечного поднятия с его северным продолжением на платформе в виде Ставропольской возвышенности, Восточных Ергеней и Приволжской возвышенности [Макаров и др., 2006]. Последовательное правостороннее смещение характерно и для Сев. Донца, притока Дона. С позднего плиоцена (акчагыла) на всем протяженном субширотном отрезке его долины между городами Балаклея и Каменск-Шахтинский он сместился *на склон Донецкого кряжа*. Величина смещения за это время составила 15–20 км, а средняя скорость около 7–8 мм/год. Таким образом, поднятие Донецкого кряжа как бы «съедается» с двух сторон обрамляющими его реками. Отметим также, что и долина Днепра в средней своей части также мигрирует в сторону поднятия (Украинского щита).

В рассматриваемом отношении показательна также миграция рек Камско-Волжского бассейна, освещенная в работах Г.И. Горецкого, Г.В. Обедиентовой, В.Н. Сементовского, А.П. Дедкова, А.П. Двинских и ряда других исследователей [Макаров и др., 2007]. На рис. 5 приведены достаточно убедительные примеры разновозрастных

долин сравнительно небольших притоков Волги и Камы, текущих в северном направлении (Свияга, Шешма, Степной Зай, Ик и др.). За четвертичное время они сместились вправо от их положения в позднем плиоцене на расстояния от 2 до 5–6 км. В результате молодое тектоническое поднятие, которое продолжает на юг известные дислокации Вятских увалов, являясь водоразделом Волги и Свияги, текущих параллельно, но в разных направлениях, с течением времени также суживается в своих геоморфологических контурах. Аналогичным образом с двух сторон подрезается и Жигулёвское поднятие. Ярко проявленные и достаточно протяжённые крутые уступы, которые при этом формируются и поддерживаются в свежем виде в результате непрерывного подрезания этими, как и множеством других рек, особенно привлекательны для их представления и анализа в качестве тектонических или эрозионно-тектонических образований (см., например, монографию М.Л. Коппа [2004]).

Приведённые выше и многочисленные другие примеры по речным долинам Русской равнины и других платформенных территорий показывают следующее. Если принять в качестве исходного положения, что современные (голоценовые) речные долины и особенно их крутые склоны локализованы, заложены и развиваются в зонах разломов или «мегатрещин», называемых также «ослабленными» или «слабыми» зонами [Костенко, 1999] (а именно это обычно и принимается в качестве некоторой аксиомы), то придётся считать эти разломы только голоценовыми и, одновременно с этим, признать необходимость последовательной латеральной миграции активных разломов в соответствии с миграцией речных долин. Очевидно, что при этом необходимо допускать и возможные изменения геометрии или конфигурации речных русел. ***Каких-нибудь геологических и тектонических оснований для подобных предположений и рассуждений нет.*** Кроме того, необходимо принять во внимание размеры речных долин, рассматриваемых в качестве поверхностного «следа» неких разрывных дислокаций. Протяжённость долин даже сравнительно небольших рек, как Москва, Клязьма, Свияга, Шешма и им подобных, взятых только на отдельных, спрямлённых, участках, наиболее отвечающих понятию «линеament», изменяется от первых километров до десятков и даже первых сотен километров. А ширина, взятая лишь по голоценовым контурам, может достигать нескольких сотен метров и первых километров. ***Адекватных разрывных нарушений соответствующих порядков нигде, ни под этими, ни под***

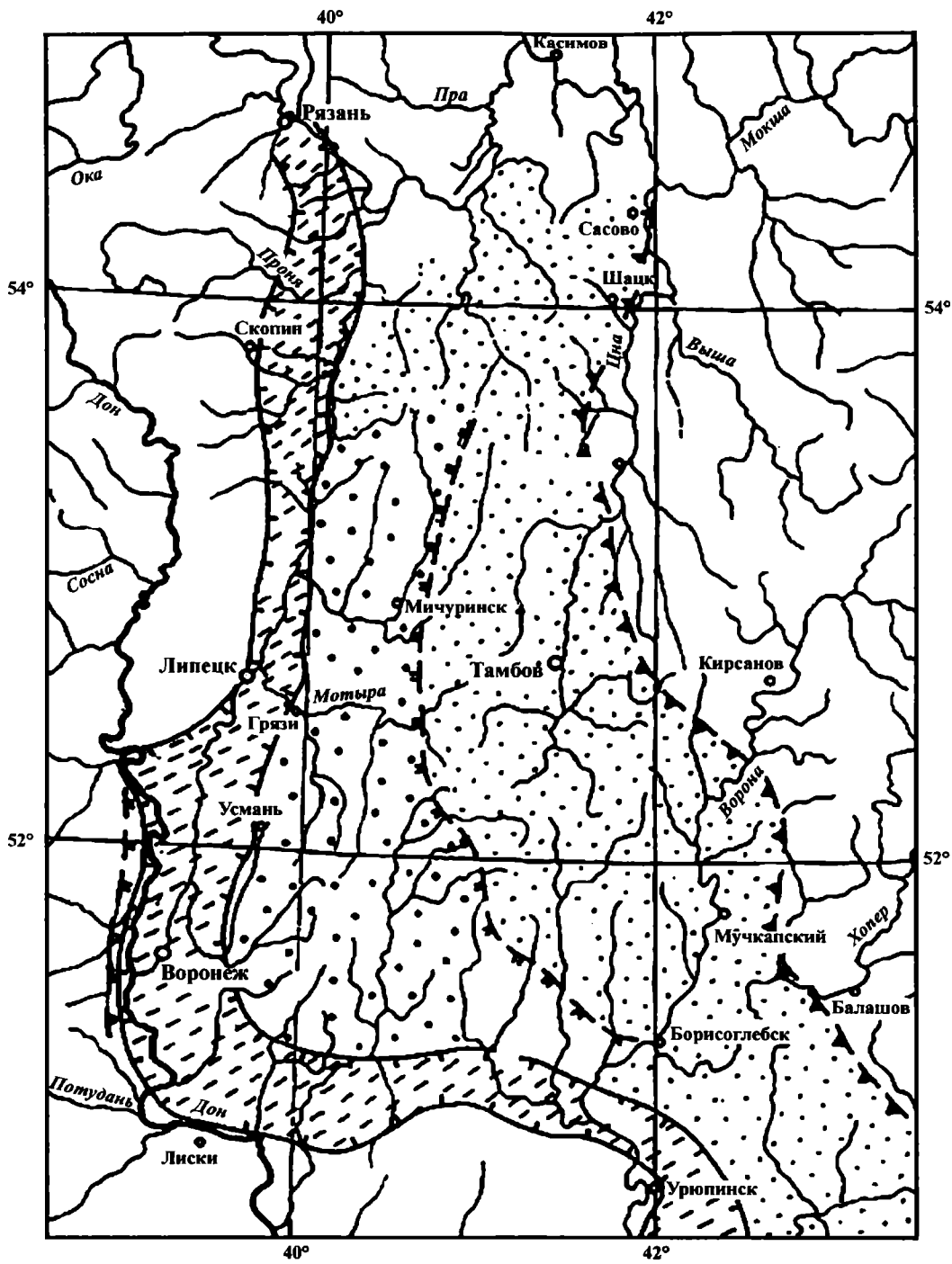


Рис. 4. Границы разновозрастных отложений и долин Палео-Дона (по Г.В. Холмовому [1974] и Ю.И. Иосифовой [Миоцен..., 1977])

1-3 - обобщенные контуры распространения отложений позднелиоценового (1), ранне-среднелиоценового (2) и средне-позднелиоценового (3) возраста

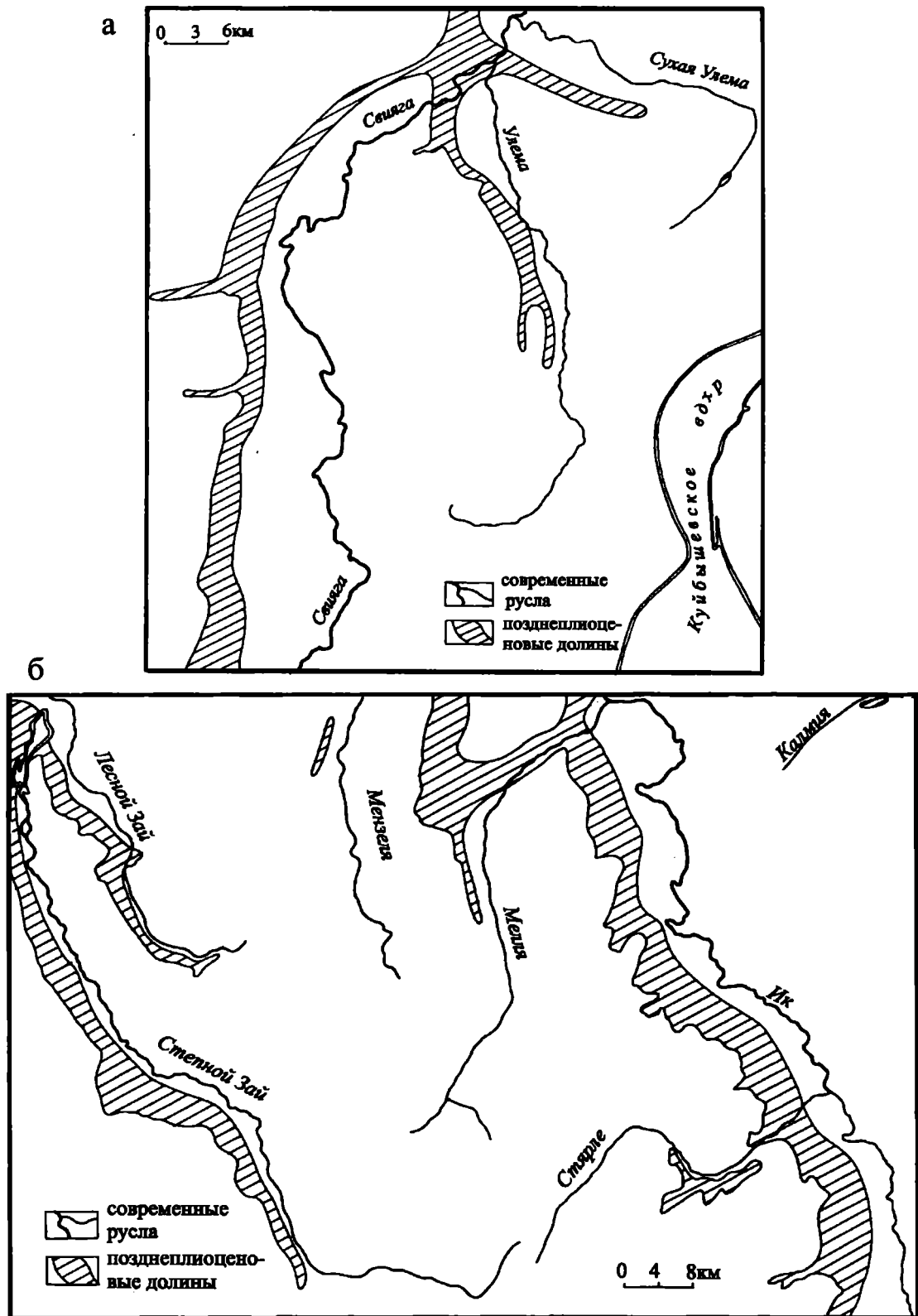


Рис. 5. Относительное положение речных долин Свяги и Улемы (а), Ик, Степной и Лесной Зай (б) в голоцене и позднем плиоцене (по данным геологической съёмки, разведочного бурения и геофизических зондирований [Геологическая карта..., 1998])

другими подобными долинами, не установленно ни по геологическим, ни по геофизическим данным, ни по сейсмичности. Обычно такие разрывы лишь постулируются, а если и аргументируются, то почти исключительно косвенными (в основном геоморфологическими) данными. Таким образом, тектоническая (разрывная) природа большей части речных долин, а также малых эрозионных понижений в пределах платформенных плит, постулирование их приуроченности к тектоническим разломам представляются ошибочными. Во всяком случае, в каждом конкретном случае требуется обстоятельное конкретное геологическое обоснование. Это, соответственно, относится и к интерпретации крутых склонов речных долин в целом и, в частности, уступов речных террас в качестве тектонических форм.

Продолжая обозначенную выше тему, следует отметить большие сомнения (по причине необоснованности) в справедливости многих кинематических и геодинамических интерпретаций изменений геометрии и ряда других исключительно морфологических параметров речных долин и даже только их пойм и русел, когда им аргюги придаётся структурное (тектоническое) содержание. В качестве примера можно привести выводы И.А. Богуша [2000; Погребнов, Богуш, 2005] о современной геодинамике района Цимлянского водохранилища на Дону. Резкие, коленообразные изменения направленности затопленного русла реки в акватории водохранилища считаются «тектоногенными», прямо проявляющимися активные блоковые тектонические смещения. Они связываются с «транскронными» разломами Донецко-Астраханской краевой зоны. На основе этих чрезвычайно упрощенных «морфометрических наблюдений» и представлений горизонтальные правосторонние перемещения блоков, произошедшие в течение последних не более чем 250–300 тыс. лет, оцениваются величинами более 8 км при средних скоростях «как минимум 27.0–32.6 мм в год». Отмечу, что это огромные величины: амплитуда соизмерима со смещением вдоль Таласо-Ферганского разлома на Тянь-Шане *за весь четвертичный период*, а скорости в 2–3 раза больше [Макаров и др., 1990]. Такие смещения должны были повлечь за собой формирование соответствующих компенсационных структур на флангах этих дислокаций и высокую сейсмичность. Но таковых нет. И в указанных публикациях они не упоминаются. Очевидно, что исходные положения и выводы этих исследований являются весьма умозрительными и не соответствуют действительности.

О них можно было бы и не упоминать, если бы подобные построения были исключением и не привлекали внимание людей, не обладающих специальными знаниями, кажущейся лёгкостью объяснения сложных явлений. К сожалению, они публикуются довольно часто, свидетельствуя о широком распространении подобных заблуждений и, простят меня мои коллеги, недостаточном профессионализме в этой области геологии. В связи с этим уместно вспомнить, что земная поверхность и её рельеф как геологическое образование отличается от других геологических формаций весьма большой спецификой, представляя непосредственный результат взаимодействия литосферы (эндогенных процессов) с гидросферой, атмосферой и биосферой (экзогенных процессов). И в этом взаимодействии результирующее соотношение всех факторов может быть весьма разнообразным. Во всяком случае, оно требует внимательного комплексного анализа и учёта возможного вклада всех составляющих. А построения, имеющие по существу виртуальный характер, должны подтверждаться реальными геологическими фактами. Это особенно важно, когда дело касается структурно-геодинамических реконструкций регионального и локального рангов, в том числе необходимых для оценки уровня геодинамических опасностей для различного рода инженерных сооружений.

Вышесказанное непосредственно связано с весьма актуальной и, можно сказать, болезненной для четвертичной тектоники платформ **проблемой разрывных тектонических дислокаций** вообще. В геологии, выросшей из горноскладчатых областей, представление о тектонической активности обычно связывается с разрывными нарушениями земной коры. Образ «разлома», как главного и наиболее понятного индикатора тектонической активности, оказался исключительно привлекательным и удобным. И этот образ весьма часто аргюги, без удовлетворительной аргументации употребляют при интерпретации четвертичных структур платформенных областей, тектоническая активность которых, в том числе на четвертичном этапе их эволюции, уже давно мало кем оспаривается. Но здесь существует много вопросов, которые требуют самого внимательного рассмотрения. Кроме уже отмеченных выше выделим следующие.

Что такое разлом? Этот, на первый взгляд, возмутительный вопрос, вызван тем, что в современной литературе по новейшей, четвертичной и «активной» тектонике платформ разломами называют разрывные нарушения самых разных категорий: и собственно разломы, и разры-

вы, и трещины, и зоны трещиноватости, и линеаменты. Это далеко не всегда уточняется, что приводит к неясности предмета обсуждения. Нет необходимости говорить о принципиальной значимости разделения всех этих понятий с позиций природы разрывных нарушений, глубины их заложения и механизмов формирования, истории развития, сейсмического потенциала и т.д.

Возможно ли разломообразование на платформах? Практика геологической съемки и различного рода изысканий показывает, что представление о широком распространении на платформах разломов и разрывов со сколько-нибудь значительными смещениями вдоль них не может считаться достаточно обоснованным¹. Сомнения вызывает сама возможность образования разрывов с заметным смещением значительных объемов горных пород в условиях крайне малых пространственных градиентов платформенных дислокаций, которые исчисляются обычно не более чем первыми метрами на километр расстояния (т.е. порядка 10^{-3}) на больших базах (обычно от нескольких до десятков километров). Ранее мне уже приходилось обсуждать эту проблему на примерах внутренних областей Русской плиты [Макаров, 1997]. На рис. 6 приведён хорошо документированный разрез южной границы новейшего поднятия Донецкого кряжа в восточной его части, где структурная дифференциация герцинского основания, мезозойских и даже палеоген-неогеновых формаций относительно высока и где неотектонические движения проявлены достаточно определённо и хорошо выражены в рельефе. Исходя из всего этого, а также из известных представлений о повышенной тектонической активности Донецкого кряжа на разных этапах его развития, в том числе на новейшем этапе [Копп, 2004; Макаров и др., 2006], здесь вполне уместно предполагать наличие достаточно протяжённого и активного в четвертичное время разрывного нарушения. Но реальные факты свидетельствуют о другом. В этой высокоградиентной зоне дислокаций разрывные смещения, развитые в каменноугольных, меловых и нижнепалеогеновых слоях, в перекрывающих их отложениях новейшего комплекса, а также в рельефе не проявлены. Слои позднекайнозойских отложений образуют очень пологую флексуру, которая вверх по разрезу ещё более выполаживается. Градиент погружения подошвы майкопской серии ($P_3-N_1^1$) в её пределах составляет $0,017$ ($\sim 1^\circ$), а наклон маломощного здесь понтического горизонта (N_1^3) характеризуется величинами всего

лишь $\sim 0,008$ ($\sim 30-40'$). При этом важно отметить, что разрез свидетельствует о конседиментационном характере этой дислокации, т.е. о большой длительности её развития со средней скоростью $\sim 0,0023-0,0027$ мм/год. Возможность разрывообразования (не трещинообразования, а именно разрывообразования) в таких условиях представляется маловероятной. Или мы должны говорить о некоторой особой категории разломов и вводить для них новые термины, чтобы сделать понятным рассматриваемое явление и не вводить в заблуждение потребителя научной информации. Это могут быть, например, скрытые, латентные, или вязкие разломы, возникающие в результате рассеянных криповых смещений и не реализованные в форме собственно разлома. Во всяком случае, это требует специального физического и структурного обоснования. Актуальность этого вопроса требует специального глубокого и многостороннего изучения.

Вышеприведённый пример позволяет рассмотреть ещё одну весьма распространённую неоднозначность структурной интерпретации разрезов, восстанавливаемых по данным бурения (рис. 7). Если игнорировать такие малые наклоны картируемых слоёв или эрозионно-денудационных поверхностей и исходить из их совершенно горизонтального залегания, то естественно, что даже на относительно небольших базах (расстояниях между смежными скважинами) необходимо предполагать разрывное нарушение между ними. Большой опыт изучения структуры разновозрастных, в том числе позднекайнозойских слоёв осадочного покрова различных областей Русской плиты, полученный в процессе геологических съёмок прежних лет и подкреплённый специальным картированием опорных горизонтов комплекса новейших отложений юга Европейской России [Макаров и др., 2006], показал со всей очевидностью, что слои осадочного покрова платформ практически повсеместно залегают с большим или меньшим наклоном, отражая явно доминирующую роль широких изгибных деформаций. Аналогичный вывод сделан А.Ф.Грачёвым [2000] на основе обобщения материалов при составлении карты неотектоники Северной Евразии. По этой причине из указанных выше возможностей корреляции слоёв (поверхностей) разрывный вариант менее вероятен и, во всяком случае, требует дополнительной аргументации.

Разломы фундамента и их проявления на поверхности. В интерпретации четвертичной тектоники платформ весьма устойчивы представления о связи структур осадочного чехла и рельефа с дислокациями кристаллического или складчато-

¹ Здесь не рассматриваются нарушения гляциотектонической природы и связанные с диапризмом.

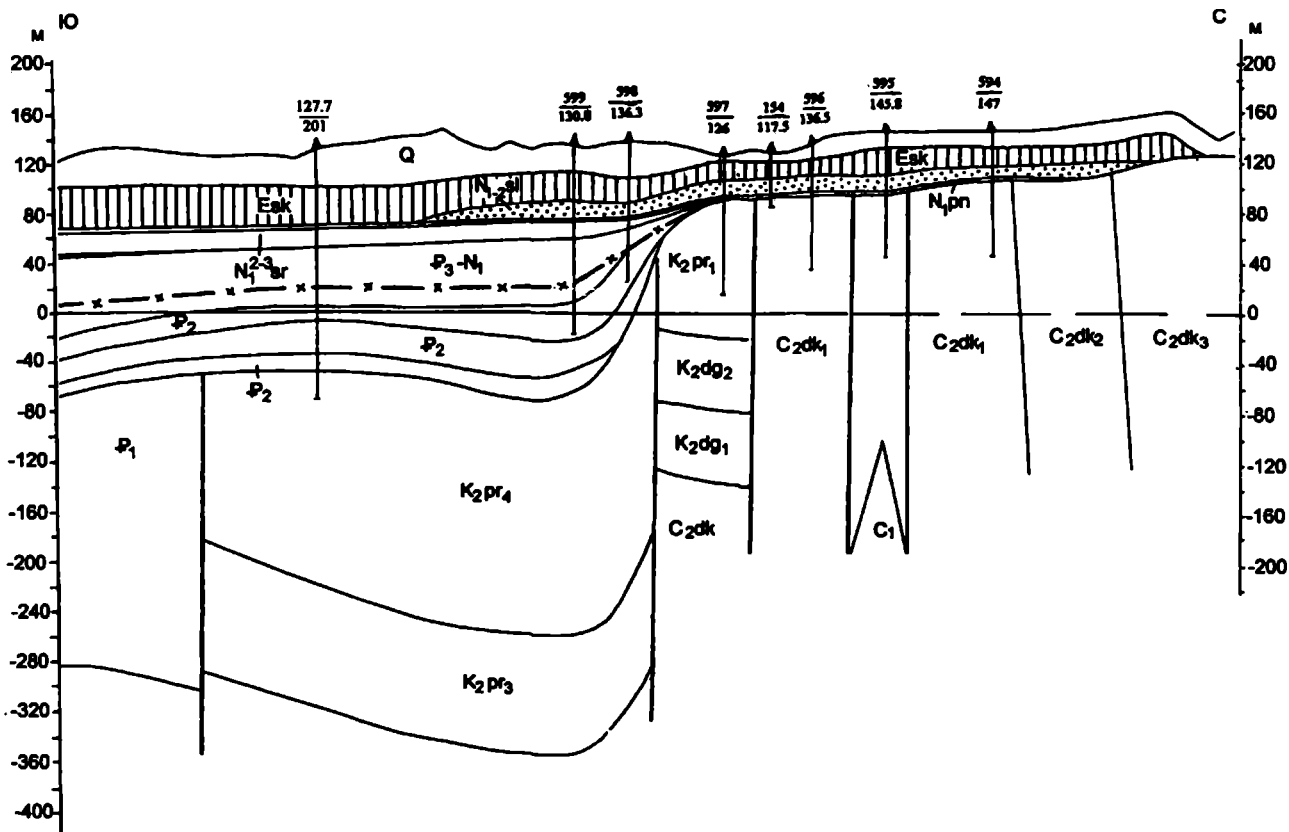


Рис. 6. Новейший флексурный изгиб кайнозойских отложений над погребенными разрывами южной окраины Донецкого кряжа (по Н.И. Аверьянову и С.В. Макарухе, 2000 г.)

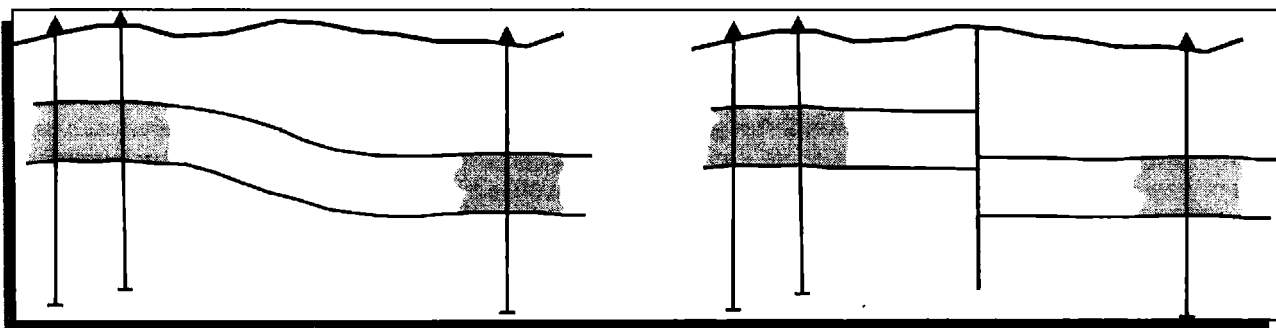


Рис. 7. Принципиальная схема пликативной и дизъюнктивной интерпретации структуры слоистой толщи по данным бурения

го фундамента и о преимущественно хрупком разрушении последнего. Но оно верно лишь отчасти и, во всяком случае, не является правилом. Во-первых, широко распространено явление несоответствия разновозрастных структур, запечатленных в разновозрастных слоях осадочного покрова и рельефе, как между собой, так и относительно древних структур фундамента, которое отражает эволюцию структурного плана и геодинамических условий. Отсюда следует, что чет-

вертичная активность древних разломов фундамента возможна, но необязательна.

Во-вторых, если даже иметь в виду не внутренние вещественно-структурные неоднородности фундамента, а лишь тектонический рельеф его поверхности, то необходимо признать, что этот рельеф является результатом длительной тектонической деформации, в которой четвертичный период занимает крайне малую часть. И вклад его в суммарные деформации этой поверхности также

крайне мал. Во всяком случае, высокоградиентные зоны рельефа поверхности фундамента платформ, интерпретируемые обычно в качестве разломов, не могут быть отнесены к неотектоническим, четвертичным или современным (ныне активным) без специальной аргументации.

В-третьих, явно недооценивается роль пластических преобразований, течения и изгибных деформаций фундамента платформ, которым посвящен ряд публикаций М.Г. Леонова [2002 и др.] и других исследователей, включая автора этого сообщения.

В-четвертых, предполагая молодые смещения по разломам фундамента платформенных плит, следует соотносить их с молодыми же дислокациями, документированными в областях открытого нахождения фундамента. Такие разрывы описаны, например, во многих частях востока Фенно-Скандинавского свода, непосредственно сопряженного с Русской плитой. Они сравнительно немногочисленны, по крайней мере, на фоне густых сетей трещин и линеаментов, и распространены спорадически. Их амплитуды достигают 20–30 м, но обычно исчисляются первыми метрами [Глубинное..., 2004; Макаров, Шукин, 2007]. Отметим, что развитию таких дислокаций здесь способствовали интенсивные гляциоизостатические движения земной коры, связанные с серией покровных оледенений четвертичного времени. Нет оснований предполагать, что амплитуды молодых разрывных смещений фундамента в пределах плит, если таковые происходили, характеризуются большими величинами. Кроме того, необходимо предполагать, что в слоях осадочного покрова эти смещения должны рассеиваться и ореол рассеяния тем шире, чем больше толщина покрова. Естественно, что столь малоамплитудные смещения фундамента в отложениях покрова при достаточно большой его мощности угасают и в приповерхностной зоне практически не проявляются, что подтверждается практикой геологического картирования и инженерно-геологических изысканий. В лучшем случае им могут соответствовать зоны повышенной трещиноватости. Точная локализация разрывных нарушений в фундаменте по таким косвенным признакам, если их удалось установить, при достаточно большой и неопределенной ширине надразрывных зон тектонической трещиноватости, представляется весьма затруднительной.

Принципиально важной проблемой структурно-геодинамического анализа платформ, которая непосредственно связана с обозначенной выше проблемой геодинамических систем, является соотношение платформ в целом или отдельных их

частей и структурных форм разных порядков и глубин заложения с источниками тектонических сил и полями напряжений глобального, регионального и локального рангов. Эта ранговость предполагает возможность разной природы источников сил, воздействующих на литосферу, земную кору и отдельные ее слои. В качестве равновероятных и, следует полагать, каким-то образом взаимодействующих рассматриваются латеральные воздействия на платформы, связанные с движениями литосферных плит, и воздействия, связанные с глубинными процессами на разных уровнях литосферы в недрах самих платформ.

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на то, что речь идет о платформах, четвертичным тектоническим деформациям подвержен весьма неоднородный геологический субстрат (земная кора), сформировавшийся в течение длительной предшествующей эволюции в *изменяющихся* геодинамических условиях. По этой причине геологическая среда платформ по своим вещественно-структурным, физическим и геофизическим характеристикам латерально неоднородна, дисгармонична и расслоена. Четвертичные напряжения и деформации далеко не везде согласуются с разновозрастными древними неоднородностями и структурами. Это порождает перераспределение напряжений и их концентрацию в отдельных объемах земной коры. Таковыми, в первую очередь, должны быть зоны раздела дисгармонично устроенных сред. В их числе следует иметь в виду не только зоны, разделяющие горизонтальные неоднородности (блоки), которым традиционно уделяется большое внимание, но и зоны, которые разделяют отдельные слои, толщи, структурные этажи земной коры, в той или иной мере дисгармоничные друг относительно друга. Крупнейшим таким разделом в верхнекоревой части является граница между кристаллическим или складчатым основанием и осадочным покровом платформ. Следует, по-видимому, обратить внимание и на более или менее резко выраженную дисгармонию между отдельными разновозрастными комплексами осадочных покровов. Опыт расчёта степени структурного рассогласования поверхности фундамента и разноглубинных горизонтов осадочного покрова и анализа пространственных закономерностей полученных результатов, предпринятый автором совместно с О.К. Мироновым на материалах хорошо изученной территории Татарстана, показал достаточно обнадеживающие результаты [Юдахин и др., 2003]. В их числе отметим, что рассогласованность возрастает с увеличением временного диапазона сопоставляемых горизонтов и что

структура рассогласованности во времени меняется, хотя отдельные зоны повышенного или пониженного рассогласования могут сохраняться в течение длительных интервалов или возобновляться после некоторого перерыва.

Рассогласованность структурных планов разновозрастных и разнотерминных слоёв земной коры платформ имеет важный геодинамический аспект, на который до сих пор практически не обращают внимание. Речь идёт о дифференциации напряжённо-деформированного состояния земной коры и появлении в её отдельных зонах дополнительных напряжений, обусловленных различной реакцией по-разному устроенных слоёв на любые более молодые, в данном случае четвертичные, поля напряжений. В областях высокой тектонической активности это проявляется тектонической расслоенностью земной коры и литосферы в целом [Тектоническая..., 1982]. В платформенных областях это может проявляться в менее выдающихся процессах, но здесь также создаются условия для формирования зон повышенной напряженности, которые могут рассматриваться в качестве геодинамически активных зон повышенной неустойчивости и деформированности геологической среды, ее геодинамической и тектонической расслоенности. С ними могут быть связаны повышенный уровень сейсмичности, повышенная трещиноватость, флюидо- и газопроводимость геологической среды, повышенная интенсивность экзогенных процессов (например, карста, эрозии) и другие аномалии, которые должны учитываться в качестве структурно-геодинамических факторов оценки территорий на предмет их инженерно-геологической и экологической опасности.

Подводя итог всему вышесказанному, можно констатировать, что в четвертичной структуре платформ доминирующими являются изгибные деформации земной коры. Роль тектонических разломов, по крайней мере, в четвертичной

структуре осадочных покровов незначительна и во многих работах представляется сильно преувеличенной. Их выделение и оценки основаны преимущественно на геоморфологических признаках и, как правило, слабо подтверждены надёжными геологическими данными. Возможность и механизмы образования тектонических разрывов в условиях платформ, в том числе четвертичных, представляют актуальную проблему геологии, геофизики и сейсмологии, которая требует специальных систематических исследований. Особого внимания заслуживает изучение зон концентрации напряжений, разрядка которых не приводит к образованию разрывов как таковых, но возможна в форме рассеянного крипа. Четвертичные разрывные дислокации представлены преимущественно трещинами разных генетических типов (собственно тектонических, планетарно-ротационных, диагенетических, экзогенных).

Совокупность и закономерности пространственного распределения этих деформаций определяются геодинамическими процессами разного генезиса. С одной стороны, это латеральное воздействие на платформы со стороны смежных областей (как активных, так и относительно пассивных, в том числе соседних платформенных массивов). С другой стороны – воздействие глубинных источников тектонических сил. Нельзя не отметить также дислокации гляциоизостатической природы, которые были спецификой четвертичной геодинамики платформенных областей, покрывавшихся покровными ледниками. Несмотря на указанные трудности изучения четвертичной структуры и геодинамики платформенных территорий, они поддаются расшифровке. Это важно не только в научно-методическом, но и в прикладном отношении, поскольку с этим связаны возможности оценки геодинамических условий сооружения и безопасной эксплуатации многих важных инженерных объектов.

Литература

- Батугина И.М.* Геодинамическое районирование территории Московской области. М.: 2003. 111 с.
- Богуш И.А.* Современная геодинамика района Цимлянского водохранилища // Мелиорация антропогенных ландшафтов. Водохозяйственные проблемы Юга России. Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2000. Т. II. С. 27–66.
- Воскресенский С.С.* Асимметрия склонов речных долин на территории Европейской части СССР // Вопросы географии. 1947. Сб. 4. С. 107–114.
- Геологическая карта территории Татарстана со снятым четвертичным покровом масштаба 1:200 000. Казань: Татнефть, 1998.
- Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамление. Под ред Н.В. Шарова. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. 353 с.
- Грачёв А.Ф.* (ред.). Новейшая тектоника и сейсмичность Северной Евразии. М.: Пробел, 2000.
- Десяткин Е.В.* Кайнозой Внутренней Азии. М.: Наука, 1981. 196 с.
- Копп М.Л.* Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы. М.: Наука, 2004. 340 с.
- Костенко Н.П.* Геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1999. 384 с.
- Корреляция тектонических событий новейшего этапа развития Земли. М.: Наука, 1985. 174 с.

- Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1983. 534 с.
- Леонов М.Г. Тектоника консолидированной коры: итоги и перспективы исследований // Проблемы геодинамики и минерагении Восточно-Европейской платформы. Мат-лы Международ. конф. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. С. 4–7.
- Макаров В.И. Карта тектонических линейментов Северной Евразии // Докл. сов. геол. на XXVI сес. МГК. Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М.: Наука, 1980.
- Макаров В.И. О региональных особенностях новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности. // Недра Поволжья и Прикаспия. Саратов: 1996, ноябрь, 1996 г., спец. вып. 13. С. 53–60.
- Макаров В.И. Некоторые проблемы изучения новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Русской плиты) // Разведка и охрана недр, 1997, № 1. С. 20–26.
- Макаров В.И., Трифионов В.Г., Скобелев С.Ф. Таласо-Ферганский активный правый сдвиг // Геотектоника, 1990, № 5.
- Макаров В.И., Трапезников Ю.А., Сквородкин Ю.П. и др. Современные деформации земной коры под влиянием глобальных и региональных процессов. // Современные изменения в литосфере под влиянием природных и антропогенных факторов. М.: Недра, 1996. С. 7–50.
- Макаров В.И., Бабак В.И., Гаврюшова Е.А., Федонкина И.Н. Новейшая тектоническая структура и рельеф Москвы. // Геоэкология, 1998, № 4. С. 3–20.
- Макаров В.И., Макарова Н.В., Несмеянов С.А. и др. Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 206 с.
- Макаров В.И., Макарова Н.В., Суханова Т.В. О соотношении эрозионных и тектонических процессов в платформенных условиях // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Мат-лы Международной конф. Казань: Изд-во Каз. гос. ун-та, 2007. Т. II. С. 89–91.
- Макаров В.И., Щукин Ю.К. О сейсмотектонике Занежского полуострова (Карелия) и некоторых общих вопросах новейшей геодинамики области сочленения Балтийского щита и Русской плиты // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Мат-лы Международной конф. Казань: Изд-во Каз. гос. ун-та, 2007. Т. I. С. 33–39.
- Макарова Н.В., Макаров В.И. О стратиграфии четвертичных отложений центра Русской равнины (дискуссионные вопросы) // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2004. № 6. С. 19–25.
- Макарова Н.В., Макаров В.И. Дискуссионные вопросы стратиграфии четвертичных отложений Русской равнины // Бюл. комис. по изуч. четв. периода. 2004. № 65. С. 64–76.
- Макарова Н.В., Макаров В.И. О корреляции ледниковых, аллювиальных и морских четвертичных отложений ледниковой и внеледниковой областей Русской равнины. // Квартер-2005. Мат-лы IV Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 244–246.
- Макарова Н.В., Макаров В.И. Геоморфолого-стратиграфические критерии расчленения и корреляции четвертичных отложений Скифской и юга Русской плит (на примере долины Дона) // Позднекайнозойская геологическая история севера аридной зоны. Мат-лы международного симпозиума. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. С. 114–118.
- Мишановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 483 с.
- Миоцен Окско-Донской равнины. М.: Недра, 1977. 248 с.
- Несмеянов С.А., Макаров В.И. Корреляция новейших отложений Тянь-Шаня. // Бюл. КИЧП, № 41. 1974. С. 82–98.
- Погребнов Н.Н., Богуш И.А. Современная геодинамика района Цимлянского водохранилища и РоАЭС // Квартер-2005. Мат-лы IV Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 329–330.
- Тектоническая расслоенность литосферы новейших подвижных поясов. Труды ГИН АН СССР, в. 359. М.: Наука. 1982. 115 с.
- Шанцер Е.В. Аллювий равнинных рек. Тр. ин-та геологии АН СССР. Вып. 135. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 275 с.
- Холмовай Г.В. О развитии плиоценовой и раннеплейстоценовой гидросети в бассейне Верхнего Дона // Бюлл. Комис. по изуч. четвертич. периода. 1974. № 42. С. 39–98.
- Щукин Ю.К. Глубинная сейсмотектоника Северной Евразии // Недра Поволжья и Прикаспия. Спец. вып. 13. Саратов. 1996. С. 6–11.
- Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 300 с.