

УДК 551.432:551.24 (470.31)

НЕОТЕКТОНИКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Л.В. Панина, В.А. Зайцев, А.А. Сенцов, А.О. Агибалов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 11.10.16

В работе излагается новейшее строение Московской синеклизы и Воронежской антеклизы. В основу положены структурно-геоморфологические исследования, проведенные авторами с использованием современных методов обработки космических радарных изображений, дополненные сведениями о сейсмичности, данными о тепловом потоке, результатами сейсмического зондирования, собранными в ГИС-проект. Выявлены новейшие структуры: поднятия и впадины разного ранга, а также зоны разрывов, трещиноватости, слабые зоны (линеаменты). Результаты исследований указывают на существенную роль фундамента в формировании новейшего плана платформы.

Ключевые слова: неотектоника, структурно-геоморфологический анализ, радарные снимки, сейсмичность, разрывы, слабые зоны.

Panina L.V., Zaitsev V.A., Sentsov A.A., Agibalov A.O. Neotectonics of the East European Platform central part. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2016. Volume 91, part 4–5. P. 52–60.

The modern structure of the Moscow Syncline and Voronezh Anticline is in process expounded. The structural and geomorphological researches, conducted by authors with the use of the modern methods of space radar images processing and seismicity information, heat flow, results of the seismic sounding, collected in GIS-project, are basis of the research. The modern structures: uplifts and depressions of different scale, and also zones of breaks, faults, weak zones (lineaments) are deduced. The results of researches specify on the substantial role of the basement in formation of the modern plan of platform.

Key words: neotectonics, structural and geomorphological analysis, radar images, seismicity, faults, weak zones.

Изучение неотектоники Восточно-Европейской платформы, включая район исследования, охватывает длительный период. У истоков стояли Н.И. Николаев, С.С. Шульц, А.А. Наймарк, П.Н. Николаев, Ю.А. Мещеряков, В.И. Бабак и многие другие. В настоящее время имеются неотектонические карты на всю территорию Восточно-Европейской платформы: «Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных областей масштаба 1:5 000 000» (гл. ред. Н.И. Николаев, 1979); «Карта геоморфолого-неотектонического районирования Нечерноземной зоны РСФСР», масштаб 1:1 500 000 (гл. ред. В.И. Бабак, 1980); «Карта новейшей тектоники Северной Евразии», масштаб 1:5 000 000 (под редакцией А.Ф. Грачева, 1996).

Все эти работы носили, как правило, обобщающий характер, а на построенных мелкомасштабных картах выделены новейшие дислокации лишь первого ранга, использовались космические снимки и топографические карты предшествующего поколения.

Появление компьютерных технологий и современных космических изображений с высоким разрешением, позволяющих выявлять малоамплитудные, слабо выраженные в рельефе деформации, дает возможность существенно расширить наши

представления о новейшей тектонике и геодинамике равнинных территорий. С целью изучения новейшего строения центральной части Восточно-Европейской платформы, влияния на ее развитие глубинных деформаций был проведен структурно-геоморфологический анализ, дополненный автоматизированной обработкой радарных космических снимков ASTER GDEM с помощью программы LESSA. Полученные результаты сопоставлялись с сейсмичностью, распределением теплового потока, эманациями водорода, гравитационными, магнитными аномалиями и т.д.

Методика исследований

Основа работы — структурно-геоморфологический анализ, направленный на выявление в рельефе дислокаций и предполагающий дешифрирование топографических карт масштаба 1:1 000 000, космических радарных изображений, а также построение геолого-геоморфологических профилей. Основные положения методики структурно-геоморфологического анализа изложены в (Костенко, 1999). Следует указать, что в равнинных областях, где перепад абсолютных отметок рельефа невелик, а дислокации перекрыты чехлом рыхлых четвертичных отложений,

на обычных топографических картах малоамплитудные структуры не всегда можно выделить. Главным индикатором здесь является гидросеть. Расходящийся по радиусам от свода поднятия к его периферии рисунок гидросети указывает на существование развивающегося поднятия, границы которого оконтуриваются или обрамляются речными долинами. Речные долины часто используют зоны разрывов, трещиноватости, дробления и повышенной проницаемости пород, которые интерпретируются как слабые зоны (Костенко, 1999) или обозначаются чаще употребляемым термином «линеамент». В понятие «линеамент» мы вкладываем тектонический смысл. Эти зоны являются результатом избирательного процесса эрозии и часто выражаются в рельефе линейными участками речных долин. Изменение простирания и ширины речных долин (пояса меандрирования) также является хорошим признаком для выявления новейших структур: разрывных и пликативных дислокаций. Однако следует помнить, что эрозионная сеть разрабатывает не только новейшие, но и древние разрывы и системы трещин, а речные долины приурочены к слабым зонам избирательно, т.е. фрагментарно. Степень достоверности выявленных слабых зон повышается при анализе рельефа не только в горизонтальной плоскости, но и в вертикальном сечении. Для этого были построены геоморфологические профили, заложенные по водораздельным поверхностям. Интерпретация профилей позволила перевести некоторые слабые зоны в ранг разрывов и оценить амплитуды смещения по ним, а сопоставление их с современными геолого-геофизическими данными, в частности с материалами сейсмического зондирования, позволило установить степень унаследованности новейших дислокаций от древних структур.

Использование космических радарных снимков высокого разрешения, позволяющих повысить, с одной стороны, детальность работ, а с другой – обзорность, помогло с большей долей достоверности провести структурно-геоморфологическое дешифрирование района исследования. Современные способы компьютерной обработки сделали возможным выявить даже небольшие колебания амплитуд рельефа. Применение автоматизированной обработки радарных изображений с помощью программы LESSA (Златопольский, 1988) позволило выявить скрытые, не различимые визуально особенности рельефа – такие, как, например, плотность гидро-

сети, изменение характера роз-диаграмм слабых зон или линеаментов, линий вытянутости гидросети и др.

Использование ГИС-технологий, с помощью которых можно одновременно рассматривать привязанные друг к другу разного рода материалы, меняя масштабы изображения, существенно повысило точность и степень достоверности полученных результатов. Автоматизированное построение геоморфологических профилей существенно сократило время, необходимое для их получения. Описанный выше комплекс методов положен в основу проведенных исследований.

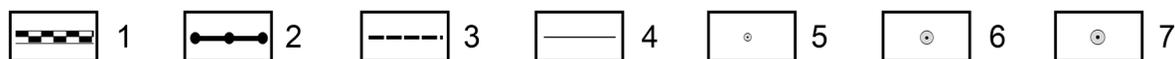
Сравнение выявленных новейших дислокаций с геолого-геофизическими материалами, отражающими глубинное строение района, а также с данными распределения эпицентров землетрясений, теплового потока, результатами эманационной водородной съемки, данными космической геодезии и др. обеспечило распознавание геодинамически активных структур центральной части Восточно-Европейской платформы.

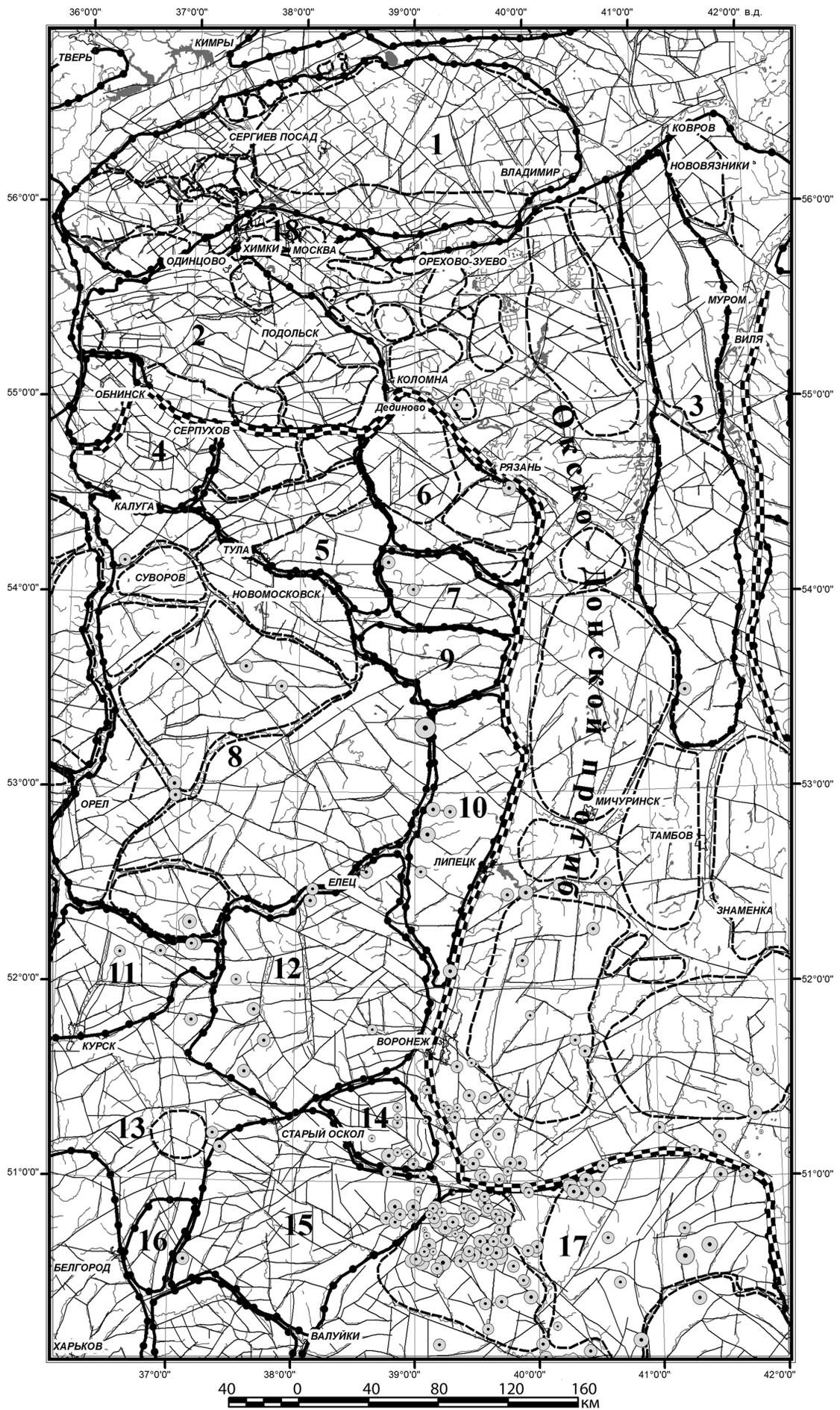
Новейшее строение центральной части Восточно-Европейской платформы

Район исследования расположен в пределах Среднерусской и Московской возвышенностей (точнее, Клинско-Дмитровской гряды), Мещерской низменности и Окско-Донской равнины. Абсолютные отметки рельефа колеблются от 250–290 м в области возвышенностей до 170 м и менее в районах низменностей. В тектоническом отношении эти морфоструктуры соответствуют южному крылу Московской синеклизы и центральной части Воронежской антеклизы.

На севере района исследования расположено обширное субширотное Московско-Дмитровское поднятие (рис. 1) с максимальными абсолютными отметками рельефа до 295 м, выделенное ранее (Макаров, 1996). Оно приурочено к южному крылу Московской синеклизы. Западным ограничением поднятия служит долина р. Руза, восточным обрамлением – долина р. Нерль. Северная граница этой структуры совпадает с фрагментом долины р. Малая Сестра на западе (северо-восточнее Терьево), далее на восток она следует вдоль долины р. Озерная, огибая с севера г. Клин, восточнее поднимаясь к северу до широтного отрезка р. Дубна и ее притока р. Сулать. На северо-востоке поднятие

Рис. 1. Структурно-геоморфологическая карта центральной части Восточно-Европейской платформы: 1 – региональные поднятия; 2 – поднятия 1 ранга; 3 – локальные поднятия; 4 – слабые зоны; 5–7 – землетрясения с магнитудами: 5 – 0,25, 6 – 0,75, 7 – 1. Новейшие поднятия первого ранга: 1 – Московско-Дмитровское; 2 – Чеховское; 3 – Окско-Цнинский вал; 4 – Калужское; 5 – Веневское; 6 – Зарайское; 7 – Голдинское; 8 – Плавское; 9 – Милославское; 10 – Липецкое; 11 – Курское; 12 – Олымское; 13 – Обоянское; 14 – Кочетовское; 15 – Оскольское; 16 – Корочское; 17 – Белогорско-Калачское. Понижения: 18 – Клязьминское





оконтуривается долиной р. Игобла, его граница проходит южнее Плещеева озера в районе Переяславля-Залесского. Южная граница следует вдоль долин рек Клязьмы (от Владимира до Химок) и Москвы (западнее г. Химки). В его пределах нами выделен ряд частных поднятий, разделенных впадинами, одной из которых является Чашниковская. Большинство поднятий, различающихся морфологией и размерами, прослеживается в дочетвертичном рельефе (районы Хотьково, Яхрома, Дмитрова, Льялово, Менделеево, Истры и др.). Одно из них – Истринское – прослеживается в меловых отложениях и в более древних структурных планах, построенных по кровле каменноугольных и девонских отложений, и является отражением в рельефе так называемого Рузского выступа фундамента. Следует заметить, что контуры новейших поднятий в точности не совпадают с границами глубинных структур, но сохраняют тенденцию развития. Московско-Дмитровское поднятие нарушено серией слабых зон преимущественно северо-западного и северо-восточного простирания. Серия северо-восточных слабых зон соответствует протяженной зоне разломов фундамента. Детальные структурно-геоморфологические исследования в комплексе с эманиционной водородной съемкой, выполненные на территории Чашниковской впадины (в пределах с. Радомли – наукограда Менделеево), позволили выявить сводово-блоковый стиль новейших деформаций. Установлено, что многие слабые зоны маркируются максимумами эманиций водорода.

Южным ограничением Московско-Дмитровского поднятия является Клязьминское долинообразное понижение, которое контролируется субширотными слабыми зонами, наиболее протяженные из них совпадают с разломами Подмосковного авлакогена. Выявленные нами разноранговые поднятия Среднерусской возвышенности нарушены системами слабых зон различных ориентировок. Преобладающим простиранием является северо-западное, отражающее, по-видимому, влияние Пачелмского авлакогена. Ранее здесь была выделена Московско-Рязанская линеаментная зона (Юдахин и др., 2003). Слабые зоны наследуют разломы фундамента, продолжаясь в область Окско-Донского прогиба, и контролируют систему новейших поднятий первого ранга на северо-западе района: Чеховское, Калужское, Веневское, Зарайское, Плавское с максимальными амплитудами от 228 м (Голдинское) до 276 м (Плавское) (рис. 1). Поднятия отделены друг от друга узкими впадинами, которые, как правило, являются речными долинами.

Самое северное в этой системе Чеховское поднятие, вытянутое с северо-запада на юго-восток, обрамляется с юга фрагментами долин рек Оки, Протвы, Руть, с севера – долиной Москвы и частично Оки. Максимальная амплитуда составляет 230 м. Преобладающим простиранием слабых зон является северо-западное. Расположенное южнее

изометричное Калужское поднятие ограничивается долинами р. Оки на юге и востоке и р. Протвы и р. Суходрев на севере и западе соответственно. Максимальные амплитуды достигают 259 м. Юго-восточнее выделено в рельефе Веневское поднятие с абсолютными отметками 258 м. На севере оно обрамляется долиной р. Оки, на востоке – ее притоком – р. Большая Смедора, на юге и юго-востоке – фрагментами долин рек Уча, Шат и Дон. К юго-западу от Веневского расположено обширное Плавское поднятие, в пределах которого выявлены несколько локальных поднятий. Северная его часть вытянута с северо-запада на юго-восток, а южная – с северо-востока на юго-запад. Максимальные отметки рельефа достигают 276 м. Со всех сторон Плавское поднятие ограничивают долины рек Шат (с севера), Дон (с востока), Сосна (с юга) и др.

К востоку в рельефе прослеживается так называемая восточная система поднятий, граничащая с Окско-Донским прогибом. Эти поднятия названы нами как Зарайское, Голдинское, Милославское и Липецкое (рис. 1). Они имеют различную конфигурацию, что выражается в изменении их вытянутости: с северо-западной (Зарайское, Голдинское) на субширотную (Милославское) и субмеридиональную (Липецкое). Максимальные абсолютные отметки колеблются от 228 м (Голдинское) до 249 м (Зарайское). Поднятия обрамляются фрагментами речных долин рек Оки, Большая Смедора, Осетр (Зарайское поднятие), Вёрда, Проня (Голдинское поднятие), Дона, Ранова (Милославское) и т.д. Зарайское, Голдинское, Милославское и юго-восточная часть Плавского поднятия, а также нарушающие их субширотные слабые зоны прослеживаются в дочетвертичных комплексах. Преобладают слабые зоны северо-западного простирания, что может быть связано с влиянием Пачелмского авлакогена.

Южнее расположены новейшие структуры юго-восточного склона Воронежской антеклизы. Ранее здесь были выявлены структуры первого ранга (Трегуб, 2002; Новейшая тектоника..., 2006), которые позднее были уточнены и детализированы нашими исследованиями (Панина, Зайцев, 2012). Рост Воронежской антеклизы, начавшийся, как установлено, в миоцене, отразился в образовании Курского, Олымского, Обояньского, Кочетовского, Оскольского, Корочского и Белогорско-Калачского новейших поднятий с амплитудами 150–276 м, в пределах которых, в свою очередь, выявлены локальные морфоструктуры (рис. 1). Олымское и Обояньское поднятия обрамляются долинообразными понижениями фрагментов долин рек Оскол, Псел, Северский Донец, Сейм. Олымское поднятие выражено в рельефе отметками 267–268 м. Оно нарушено слабыми зонами всех четырех простираний – северо-восточного, северо-западного, субширотного и субмеридионального, причем доминирующим направлением линий вытянутости, которые были построены программой LESSA, является северо-

западное. Слабые зоны северо-западного и северо-восточного простирания на отдельных участках совпадают с разломами в докембрийских комплексах. Сходные простирания слабых зон, совпадающих с линиями вытянутости, характерны и для изометричного Обояньского поднятия. Частично попадающее в область исследования Курское поднятие имеет максимальную амплитуду 268 м. Здесь простирания слабых зон и линий вытянутости – субмеридиональное, северо-восточное и северо-западное. Последние два совпадают с разломами фундамента.

Юго-восточнее находится ряд дугообразно расположенных поднятий, включающий Кочетовское, Оскольское и Корочское. Изометричное Кочетовское поднятие с максимальной абсолютной отметкой 244 м на востоке обрамляется долиной р. Дон (рис. 1). На юге его границей служит долина р. Потудань. Основными простираниями линеаментов, которые коррелируются с линиями вытянутости, являются северо-западное, субширотное и субмеридиональное. Последние два направления на отдельных участках совпадают с разломами фундамента.

Примыкающее к нему с юго-запада Оскольское поднятие характеризуется радиальным рисунком линий вытянутости роз-диаграмм, сходящихся в центральной части, где максимальная отметка составляет 246 м. В центральной части поднятие прорезано субмеридиональной долиной р. Оскол и нарушено слабыми зонами северо-восточного, северо-западного, субмеридионального и субширотного простираний, частично совпадающими с разломами фундамента. Северо-западная область поднятия характеризуется максимальными значениями плотности эрозионного расчленения. С запада к Оскольскому примыкает вытянутое в субмеридиональном направлении Корочское поднятие с амплитудами до 242 м. Конфигурация обусловлена контролем речных долин Корочи на востоке и Северский Донец на западе. Слабые зоны северо-восточного простирания подчеркивают морфологию Олымского, Кочетовского, Оскольского поднятий. В области Обояньского и Оскольского поднятий, где фундамент расположен близко к поверхности, ранее нами отмечена наибольшая корреляция новейших дислокаций с древними.

Юго-восточнее расположено обширное Белогорско-Калачское поднятие, в пределах которого ранее нами были выделены Северо- и Южнокалачское, Белогорское частные поднятия (Панина, Зайцев, 2012). Максимальные амплитуды их составляют порядка 240 м. Наибольшие отметки рельефа характерны для северной части Белогорского поднятия, кулисообразно расположенного по отношению к Калачскому. Поднятия нарушены серией линеаментов северо-западного, северо-восточного и субмеридионального простираний. Наиболее протяженные из них следуют вдоль речных долин Осе-

реди и Дона. Долина р. Дон разрабатывает, возможно, зону разрыва со сдвиговой составляющей.

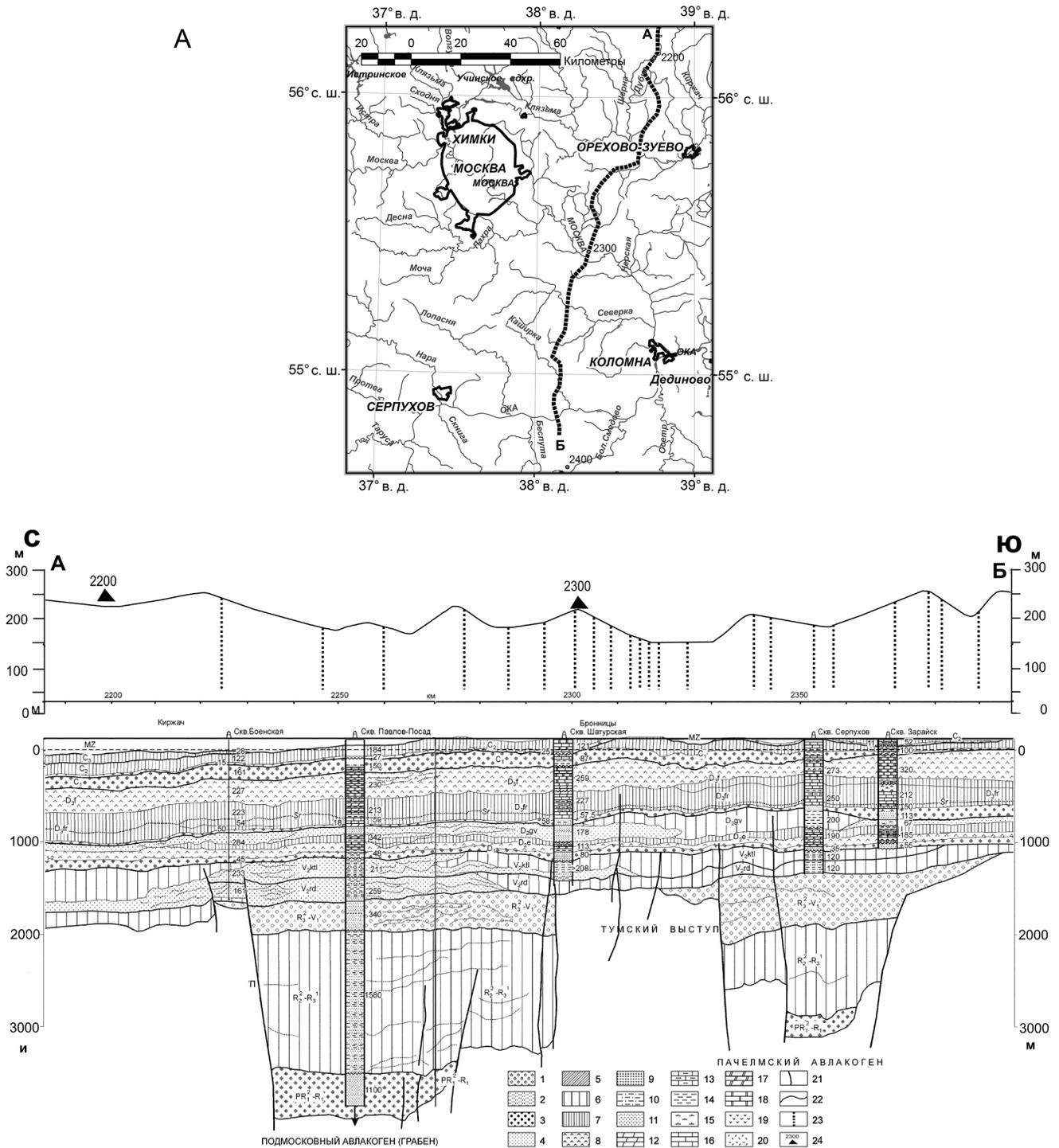
Преобладающим направлением линий вытянутости роз-диаграмм эрозионной сети является северо-западное, а линии вытянутости следуют вдоль некоторых разломов фундамента. Сравнительно высокие значения плотности эрозионной сети, подсчитанные с использованием программы LESSA, характерны для Белогорского поднятия, что может косвенно указывать на его более активный рост.

Проведенная для Воронежской антеклизы компьютерная обработка результатов автоматизированного дешифрирования радарных изображений с помощью программы LESSA показала, что линии вытянутости, которые характеризуют преобладающие ориентировки эрозионной сети, нередко соответствуют простираниям разломов фундамента. Особенно хорошо это проявляется на северо-западе в области Курского поднятия.

Линии вытянутости роз-диаграмм, как правило, соответствуют визуальным отдешифрированным по топографическим картам и космическим снимкам слабым зонам или линеаментам. Максимальные плотности так называемых штрихов, т.е. эрозионной сети разного порядка, подсчитанные по радарным снимкам с помощью программы LESSA, приурочены к наиболее активно развивающимся структурным формам, главным образом, к новейшим поднятиям: Олымскому, Обояньскому, Белогорскому. Минимальные значения плотностей характерны для Окско-Донского прогиба (Панина, Зайцев, 2012).

Восточнее поднятий Среднерусской возвышенности расположен субмеридионально вытянутый Окско-Донской прогиб, изученный ранее (Макарова и др., 2002). Образованный в новейшее время и выполненный мощной толщей неоген-четвертичных образований, в настоящее время он испытывает тенденцию к поднятию, на что указывает преобладание выявленных здесь локальных поднятий над впадинами (рис. 1). Наиболее ярко выраженный в рельефе Окско-Цнинский вал (максимальная абсолютная отметка рельефа 184 м) прослеживается по поверхностям девонских отложений и верейского горизонта, а его субмеридиональная ориентировка контролируется зоной разлома фундамента, которая маркируется на поверхности слабыми зонами. На юге вала нами отдешифрированы слабые зоны северо-западного простирания, которые, по-видимому, являются отражением в рельефе разломов Пачелмского авлакогена.

Выявленные в рельефе новейшие дислокации – слабые зоны (линеаменты) сопоставлялись с данными глубинного сейсмического зондирования, полученными в последнее время (Хераскова и др., 2006). На рис. 2 представлены фрагменты геоморфологического профиля и геотрансекта ЕВ-1 (Лодейное поле – Воронеж), с севера на юг пересекающие описанные выше новейшие структуры. Сравнение слабых зон, выявленных структурно-



геоморфологическим анализом, и глубинных разломов, установленных сейсмическим зондированием, во многих случаях показало их соответствие. Особенно четко прослеживается влияние глубинных дислокаций в области авлакогенов.

Геодинамическая активность

С целью изучения геодинамической активности был уточнен прогноз сейсмических событий, которые были зафиксированы на территории Воронежской антеклизы, и проведено сопоставление эпицентров землетрясений с новейшими структурами.

За период с 1998 по 2012 г. здесь было зарегистрировано 296 землетрясений и лишь 13 из них имели $M > 2,5$, т.е. могли быть зафиксированы мировой сейсмической сетью. Все остальные события фиксировались местной сейсмической сетью. Энергетические классы землетрясений, приведенные в исходном сейсмическом каталоге, были пересчитаны по известной формуле $k = 4 + 1,8M$ (для $k < 14$). В результате выяснилось, что многие землетрясения попали в интервал магнитуд от 0 до 1. Почти все землетрясения имели приповерхностный очаг (глубина до 10 км), и только у пяти сейсмических событий очаг располагался в интервале глубин от 30 до 35 км. Такой разброс по глубине, скорее всего, связан с погрешностью сейсмических станций, которые с трудом могут определять глубину очагов мелкофокусных землетрясений.

Для уточнения сейсмического прогноза по времени и энергии на территорию Воронежской антеклизы на основании данного каталога был построен график повторяемости. Высокомагнитудные землетрясения ($M > 4$) происходят на данной территории с периодичностью раз в 49–50 лет. Таким образом, удалось уточнить сейсмический прогноз по всем трем параметрам: месту, времени и энергии.

Было также установлено, что многие сейсмические события находят отражение в новейших дислокациях. Так, эпицентры низкомагнитудных землетрясений в одних случаях тяготеют к границам растущих поднятий (Кочетовское, Оскольское и Белогорско-Калачское), в других – выстраиваются вдоль слабых зон, нарушающих Белогорско-Калачское поднятие. Относительно более высокомагнитудные землетрясения приурочены к узлам пересечения слабых зон (рис. 3). Характерна прямая зависимость между плотностями слабых зон и положением эпицентров землетрясений.

Аномалии теплового потока так же, как и сейсмичность, являются показателями геодинамической активности, в результате которой формируются новейшие структуры. Поэтому целесообразно было сравнить новейшие дислокации с тепловым полем Земли. Для изучаемого района, расположенного в центральной части Восточно-Европейской платформы, характерны невысокие средние значения теплового потока, соответствующие приблизительно

30–40 мВт/м², что типично для платформенных территорий. На геотермической карте выделяются локальные аномалии, в пределах которых температура на глубине 1 км превышает средние значения (20–25°C) на 10–15°C. Самая крупная из них приурочена к Пачелмскому (Рязано-Саратовский) авлакогену, простирающемуся в северо-западном направлении (рис. 4). На поверхности ему соответствует Московско-Рязанская линейная зона, включающая серию линейментов, проходящих вдоль бортов авлакогена. Отдельным фрагментам протяженных дизъюнктивных структур, показанных на карте теплового потока, также соответствуют линейменты или слабые зоны, ограничивающие разновысотные блоки. На опосредованную взаимосвязь рельефа и теплового поля указывает и сходство роз-диаграмм, иллюстрирующих ориентационные характеристики линейных форм рельефа и геотермических аномалий.

Поскольку на территории рассматриваемого района расположено небольшое количество скважин, в которых проводились геотермические исследования (Геотермическая карта..., 1995), детальное сопоставление пространственного рисунка линейментов и генерализованных контуров аномалий теплового потока, проведенных в пределах достаточно крупных участков путем экстраполяции, затруднительно. Возможно, появление крупномасштабных карт геотермического потока позволит провести более точную корреляцию между термическими аномалиями и морфоструктурами. На сопредельных с рассматриваемой областью территориях, лучше изученных в геотермическом отношении, установлена согласованность закономерностей пространственного распределения максимумов теплового потока, слабых зон (линейментов) и дизъюнктивных структур. В частности, контуры областей градиентного изменения геотермических характеристик соответствуют выраженным в рельефе геологическим структурам – Ладожскому грабену, Галичскому и Припятско-Днепровско-Донецкому авлакогенам, Балтийско-Ладожско-Онежско-Колгуевской зоне – области концентрации разрывных нарушений и повышенной проницаемости земной коры (Схема проницаемости..., 1983).

В целом приведенные данные, полученные путем сопоставления тектонической, теплового потока и составленной авторами структурно-геоморфологической карт, указывают на взаимосвязь теплового потока, геологического строения и современного рельефа центральной части Восточно-Европейской платформы.

На современную активизацию новейших структур исследуемой территории указывают и проведенные в 2000–2012 гг. на станциях GPS Менделеево, Обнинск, Звенигород инструментальные наблюдения, которые выявили горизонтальные смещения блоков в северо-западном направлении со скоростью 0,6–0,8 мм/год (Адушкин и др., 2014).

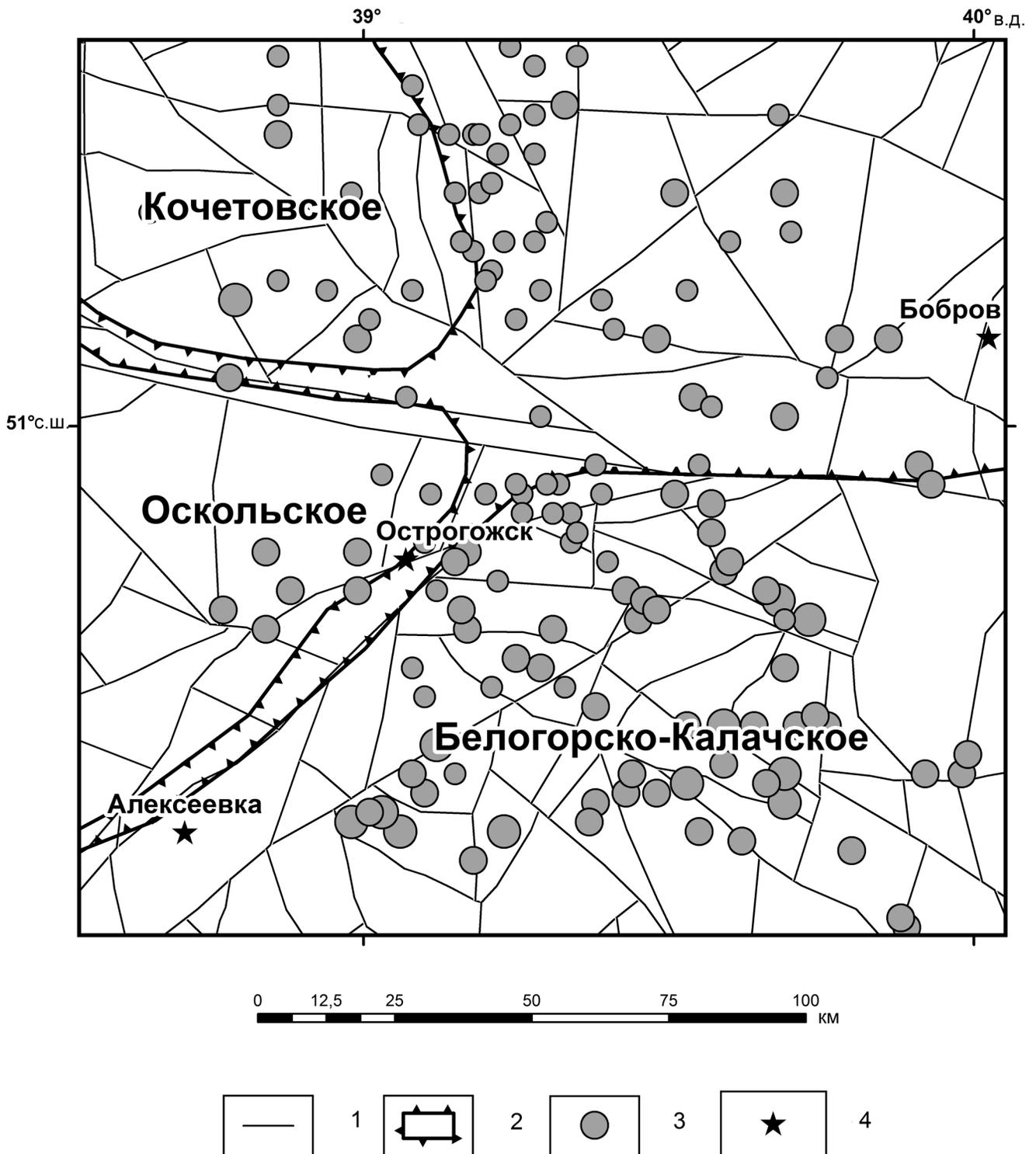


Рис. 3. Карта приуроченности сейсмических событий к новейшим структурам: 1 – слабые зоны; 2 – границы структур 1 ранга; 3 – землетрясения; 4 – города

Заключение

Таким образом, проведенные комплексные исследования новейшего строения центральной части Восточно-Европейской платформы, включавшие ряд независимых современных методов и материалов, позволили уточнить, а где-то и по-новому представить новейший структурный план изучаемой территории. Построенная структурно-геоморфологическая карта масштаба 1:1 000 000 отражает

сводово-блоковый стиль новейших дислокаций, представляющий собой сочетание разноранговых новейших поднятий, разделенных, как правило, узкими впадинами – долинами, и слабых зон (разрывы, зоны трещиноватости, повышенная проницаемость). Последние имеют различное простираение и протяженность и разбивают пликативные дислокации на блоки. Слабые зоны отражают структурные неоднородности и дислокации осадочного

чехлы и фундамента или их простирания. Хорошо проявляются в рельефе крупные структуры фундамента, такие, как авлакогены. Некоторые слабые зоны фрагментарно наследуют разломы фундамента и подтверждаются современными данными сейсмического зондирования, аномалиями водорода, выявленными газовой эманиционной съемкой, приуроченностью эпицентров землетрясений, тепловыми аномалиями и др. Новейшие дислокации частично соответствуют гравитационным и магнитным аномалиям.

Показано, что район исследования испытывает на новейшем этапе активизацию, выражающуюся в преобладающем разрастании поднятий по сравнению с впадинами, что сопряжено с образованием зон трещиноватости и разрывных дислокаций. Так,

Окско-Донской прогиб практически весь «зарос» поднятиями, наиболее выразительным из которых является Окско-Цнинский вал.

На активизацию новейших структур указывает сейсмичность, для которой был уточнен прогноз. Наблюдается приуроченность эпицентров низко- и высокомагнитудных землетрясений к границам новейших поднятий, слабым зонам и их пересечениям. Неотектоническая активность подтверждается данными космической геодезии, полученными на станциях GPS.

Соответствие выраженных в рельефе структур крупным глубинным дислокациям, вплоть до фундамента, может указывать на его существенную роль в формировании новейшего плана Русской равнины.

ЛИТЕРАТУРА

- Адушкин В.В., Санина И.А., Владимирова И.С.* и др. Исследование неотектонической активности морфоструктур центральной части Восточно-Европейской платформы с использованием дистанционных методов // *Физ. Земли*. 2014. № 2. С. 21–28.
- Геотермическая карта России. М-б 1: 10 000 000 / Под ред. А.А. Смыслова. 1995.
- Златопольский А.А.* Пакет прикладных программ выделения и анализа линейных элементов аэрокосмических изображений // Автоматизированный линеаментный анализ при структурно-геологических и металлогенических исследованиях. М.: Недра, 1988. С. 14–28.
- Карта геоморфолого-неотектонического районирования нечерноземной зоны РСФСР. М-б 1: 1 500 000 / Гл. ред. В.И. Бабак. М.: ГУГК СССР, 1980.
- Карта новейшей тектоники Северной Евразии. М-б 1:5 000 000 / Ред. А.Ф. Грачев. М.: ОИФЗ РАН, 1996.
- Карта новейшей тектоники СССР и сопредельных областей. М-б 1: 5 000 000 / Гл. ред. Н.И. Николаев. М.: Мингео СССР, 1979.
- Костенко Н.П.* Геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. 384 с.
- Макаров В.И.* Региональные особенности новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности // *Недра Поволжья и Прикаспия*. 1996. Вып. 13 (специальный). С. 53–60.
- Макарова Н.В., Макаров В.И., Корчуганова Н.И.* и др. Окско-Донской прогиб – неотектоническая активная зона Восточно-Европейской платформы // *Изв. вузов. Геол. и разведка*. 2002. № 2. С. 3–13.
- Новейшая тектоника и геодинамика. Область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. М.: Наука, 2006. 205 с.
- Панина Л.В., Зайцев В.А.* Новейшая тектоника восточной части Воронежской антеклизы // *Геологическая среда, минерагенические и сейсмотектонические процессы*. Воронеж: Научная книга, 2012. С. 256–260.
- Схема проницаемости земной коры Европейской части СССР по данным гелиевых исследований. М-б 1:2 500 000 / Под ред. А.Н. Еремеева, 1983.
- Трегуб А.И.* Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива // *Тр. НИИ геологии Воронежского гос. ун-та*. Вып. 9. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 2002. 220 с.
- Хераскова Т.Н., Волож Ю.А., Заможняя Н.Г.* и др. Строение и история развития западной части Восточно-Европейской платформы в рифее-палеозое по данным геотрансекта ЕВ-1 (Лодейное поле – Воронеж) // *Литосфера*. 2006. № 2. С. 65–94.
- Юдахин Ф.Н., Шукин Ю.К., Макаров В.И.* Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УРО РАН, 2003. 300 с.

Сведения об авторах: *Панина Людмила Викторовна* – канд. геол.-минерал. наук, доцент каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* panina53@mail.ru; *Зайцев Владимир Александрович* – канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотр. каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* v.zaitsev@mail.ru; *Сенцов Алексей Андреевич* – аспирант каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* alekssencov@yandex.ru; *Агибалов Алексей Олегович* – аспирант каф. динамической геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* agibalo@yandex.ru