

---

---

**ПРИРОДНЫЕ  
И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

---

---

УДК 551.248.2

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ЗОНЫ И ЛИНЕАМЕНТЫ  
МОСКВЫ И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

© 2015 г. А. Л. Дорожко, В. М. Макеев, Г. И. Батрак, И. А. Позднякова

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,  
Уланский пер., д. 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия. E-mail: a\_dorozhko@mail.ru*

Поступила в редакцию 07.07.2014 г.

На территории Москвы (в пределах МКАД) выполнены крупномасштабные структурно-геодинамические исследования с целью выявления платформенных зон концентраций неотектонических напряжений и деформаций (геодинамически активных) и определения их геоэкологической значимости. По современному рельефу и погребенным дочетвертичной и домезозойской поверхностям, построенным на основании данных бурения более чем 85 тыс. скважин, выделены разновозрастные линеаменты, и дан их сравнительный анализ. На этом основании и с учетом фактического материала, собранного в прежние годы, обосновано выделение двух геодинамически активных зон – Москворецкой и Лихоборской. Установлено, что с ними закономерным образом связаны опасные геологические процессы – карстовые, карстово-суффозионные, оползневые, а также загрязнение подземных вод.

**Ключевые слова:** *геодинамически активные зоны, линеаменты, неотектонические структуры, карст и карстово-суффозионные процессы, подземные воды, гидродинамические условия, загрязнение, гидрогеологические окна.*

**ВВЕДЕНИЕ**

В целях обеспечения рационального и безопасного недропользования и размещения инженерных сооружений разной категории, а также для решения различных геоэкологических задач все чаще привлекаются структурно-геодинамические исследования. Наиболее актуальны такие исследования при планировании развития урбанизированных территорий и при размещении потенциально экологически опасных объектов нефтегазовой, атомной и других отраслей промышленности. Развитие техносферы приводит, во-первых, к увеличению техногенной нагрузки на природную среду и, во-вторых, к увеличению требований к крупномасштабным инженерно-геологическим исследованиям, включая структурно-геодинамические. В связи с этим возникает необходимость получения информации о направленности и интенсивности движений земной коры, источникам деформаций в конкретной, часто малой, территории размещения этих объектов. На основании этой информации оцениваются сейсмический потенциал территории и прогнозируются амплитуды деформаций относительно сроков жизни экологически опасных сооружений [12].

В публикациях В.И. Макарова и других исследователей фактически обосновывается, что на платформенной территории и, особенно в ее центральной части, максимально удаленной от активных областей, отсутствуют условия для активизации древних разломов и образования новых [8, 9]. Подобная территория характеризуется очень пологими изгибными деформациями, у которых уклоны не превышают первые метры на километр расстояния, малой скоростью движений и незначительностью амплитуд суммарных деформаций. В таких условиях невозможна концентрация высоких локальных напряжений в осадочном чехле, приводящая к образованию разломов.

Многoletний опыт исследований платформ показывает, что низкая активность и в то же время разноранговость, разнородность и разновозрастность изгибных деформаций приводит к формированию широких зон концентраций напряжений неразломного типа – геодинамически активных зон [8, 13, 14]. Это – линейные и/или изометричные объемы (участки) земной коры разного масштаба, в которых в силу различных причин могут возникать условия для концентрации и разрядки тектонических напряжений и повышенных градиентов движений и деформированности

горных пород [11]. Установлено, что аномальная концентрация повышенных напряжений и деформаций, часто выраженная повышенной трещиноватостью горных пород, приводит к развитию вторичных экзогенных процессов, увеличению водно-газовой проницаемости и локальной изменчивости физико-механических свойств пород, часто имеющих геоэкологическую значимость.

Выявление этих зон связано с трудностями методического характера. Для их преодоления применяется специальный структурно-геоморфологический и структурно-геодинамический анализ, основанный на изучении разновозрастных маркирующих (опорных) горизонтов, вещественно-структурных особенностей и геодинамических условий. Он предусматривает привлечение результатов, полученных в ходе геофизических, гидрогеологических, космогеологических и др. исследований. На основании комплексных исследований в ИГЭ РАН в 1997 г. В.И. Макаровым, В.И. Бабаком и И.Н. Федонкиной была создана первая структурно-геоморфологическая карта территории Москвы масштаба 1:50 000 под редакцией академика В.И. Осипова [9]. Кроме того, были составлены детальные структурно-геоморфологические карты масштаба 1:10 000 отдельных районов Москвы – Центрального, Кунцевского и Лефортовского [1].

В 2007–2009 гг. в рамках крупномасштабного геологического картирования под руководством В.И. Макарова была создана “Структурно-геодинамическая карта г. Москвы” масштаба 1:25 000 [15, 21] для целей инженерно-геологического районирования. Главные неотектонические поднятия и прогибы Москвы отнесены к инженерно-геологическим массивам первого ранга. Для выделения инженерно-геологических массивов второго ранга использован принцип связи новейших отложений с формами рельефа: 1) аллювий пойм, первых и вторых террас отнесен к доливному комплексу; 2) водно-ледниковые отложения, включая Ходынскую террасу, причислены к склоновому комплексу; 3) моренные отложения возвышенностей отнесены к водораздельному комплексу. Долинный, склоновый и водораздельные комплексы классифицируются как массивы второго ранга. Массивы более высокого ранга выделяются с учетом типологических особенностей строения разреза.

Продолжение ранее начатых исследований по выделению геодинамически активных зон и оценки их геоэкологической роли на основе новых данных – современная актуальная задача.

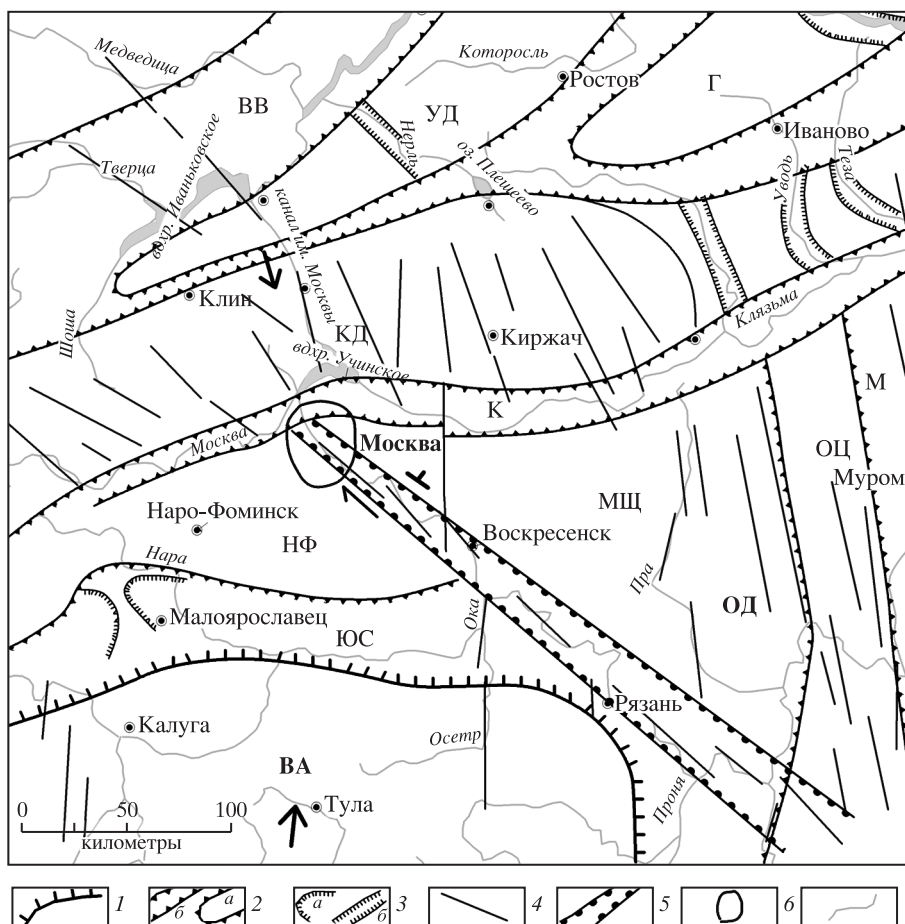
## СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Геодинамически активные зоны (ГдАЗ) – это структуры, которые образуются в области сочленения неотектонических областей (структур), различных по геодинамическим условиям образования. Последние могут различаться по структурному рисунку, скоростям, амплитудам и градиентам деформаций. Основные геодинамические вопросы – где, почему и каким образом создаются условия для образования геодинамически активных зон. К настоящему времени для решения этих задач сделано многое. В.И. Макаровым и другими исследователями разработана концепция глубинных геодинамических систем, которая предполагает постановку таких задач и их решение [8].

Исследуемая территория расположена в зоне сочленения трех новейших структур. Северо-западная часть территории относится к Клинско-Дмитровскому поднятию, южная и юго-западная части принадлежат к Наро-Фоминскому поднятию, центральная и восточная – к Мещерскому прогибу. Эти структуры отражены на структурно-геоморфологическом плане Московско-Нижегородского района Русской плиты (рис. 1) [8, 14, 20].

Клинско-Дмитровское поднятие (КД) входит в состав протяженного Смоленско-Дмитровско-Ветлужского мегавала восток–северо-восточного простирания, Клязьминская относительно опущенная зона (К) – южная граница этого мегавала. На территории Москвы она выражена Рублевско-Верхнеязуской граничной зоной [14]. Согласно исследованиям, проведенным В.И. Макаровым и др., Смоленско-Дмитровско-Ветлужский мегавал формируется в условиях встречного косога сжатия, наведенного со стороны Скандинавской и Альпийской геодинамических систем.

Наро-Фоминское поднятие (НФ) в южном направлении сопряжено с Южно-Серпуховским прогибом (ЮС) субширотного простирания, формирующимся в пределах склона Воронежской антеклизы (ВА). Южная направленность развития этой зональности указывает на ее связь с ростом Воронежского сводового поднятия. По данным А.И. Трегуба, для большей части новейшей структуры территории Воронежской антеклизы характерно субмеридиональное сжатие и субширотное растяжение, наведенные со стороны Карпато-Кавказского орогена [19]. Таким образом, предполагается, что неотектонические структуры южной и юго-западной части Москвы,



**Рис. 1.** Структурно-геоморфологический план Московско-Нижегородского района Русской плиты (с сокращениями) по В.И. Макарову [8, 9]: 1 – контуры крупных тектонических структур: ВА – Воронежской антеклизы, ОД – Окско-Донского прогиба; 2 – обобщенные контуры зон эрозионно-тектонических поднятий (а) и понижений (б); 3 – характерные контуры эрозионного рельефа – структурные линии развивающихся валлообразных поднятий (а), в том числе антецедентные участки речных долин (б); 4 – линеаменты, 5 – Москворецкая (Москворецко-Рязанская) линеаментная зона, б – территория Москвы в пределах МКАД, 7 – гидросеть. Поднятия: УД – Угличско-Даниловское, Г – Галичское, КД – Клинско-Дмитровское, НФ – Наро-Фоминское, ОЦ – Окско-Цнинский вал. Относительно опущенные зоны: ВВ – Верхневолжская, К – Клязьминская, ЮС – Южно-Серпуховская, МЩ – Мещерская, М – Муромская. Стрелками обозначены направления основных напряжений.

принадлежащие к Наро-Фоминскому поднятию, образовались в условиях субмеридионального латерального сжатия, наведенного со стороны Воронежской антеклизы (сводового поднятия).

Мещерский прогиб (МЩ) принадлежит более обширному Окско-Донскому устойчивому прогибу (ОД). В последнее время все большую поддержку находит точка зрения о связи его образования с внутриплатформенным глубинным источником деформаций. Восходящие потоки астеносферного вещества, направленные вверх и в стороны, приводят к растяжению земной коры и образованию прогиба в приповерхностной зоне. Наро-Фоминское поднятие (НФ) и Мещерский прогиб (МЩ) разделены Москворецкой линеаментной зоной северо-западного простирания.

Таким образом, на площади исследования выделены три типа структур, условия формирования которых принципиально различны. Границы разнородных структур рассматриваются как потенциальные зоны концентрации напряжений и деформаций, или как геодинамически активные зоны – Москворецкая и Лихоборская.

Москворецкая ГДАЗ – элемент строения региональной Москворецко-Рязанской линеаментной зоны юго-восточного простирания, которая прослеживается от Москвы до Рязани [9]. Она наследуется (маркируется) долинами рек Москвы и Оки. В.И. Макаровым эта зона рассматривалась как геодинамически активная, структурно-предопределенная древним пассивным разломом (неоднородностью). Ее современная активность подтверждается данными повторных GPS-изме-

рений, проведенных в 2005–2010 гг. по треугольнику Коломна – Зарайск – Белоомут [10]. Эти исследования подтвердили существование в Москворецко-Рязанской линеаментной зоне правосторонних напряжений сжатия, связанных с влиянием Карпато-Кавказского сегмента Альпийской геодинамической системы. Москворецкая ГдАЗ формируется в сочленении Наро-Фоминского поднятия и Мещерского прогиба. При этом она резко несогласно сечет субширотные структуры Наро-Фоминского поднятия, согласуясь при этом с зональностью Мещерского прогиба. Очевидно, опускание с образованием сбросовых напряжений в нем более активно, чем рост Наро-Фоминского поднятия, вызванный удаленным источником напряжений сжатия.

Лихоборская ГдАЗ формируется на границе Клинско-Дмитровского поднятия и Мещерского прогиба. При этом она согласуется с простиранием Клинско-Дмитровского поднятия и не согласуется с угловатой формой Мещерского прогиба. В этой связи предполагается, что она больше связана с ростом Клинско-Дмитровского поднятия, чем с устойчивым опусканием Мещерского прогиба. Формирование поднятия происходит в условиях напряжений сжатия со сдвигом, наведенных со стороны Смоленско-Дмитровско-Ветлужского мегавала. Это может быть причиной того, что Лихоборская зона не так ярко выражена в рельефе, как Москворецкая.

## РАЗНОВОЗРАСТНЫЕ ЛИНЕАМЕНТЫ МОСКВЫ

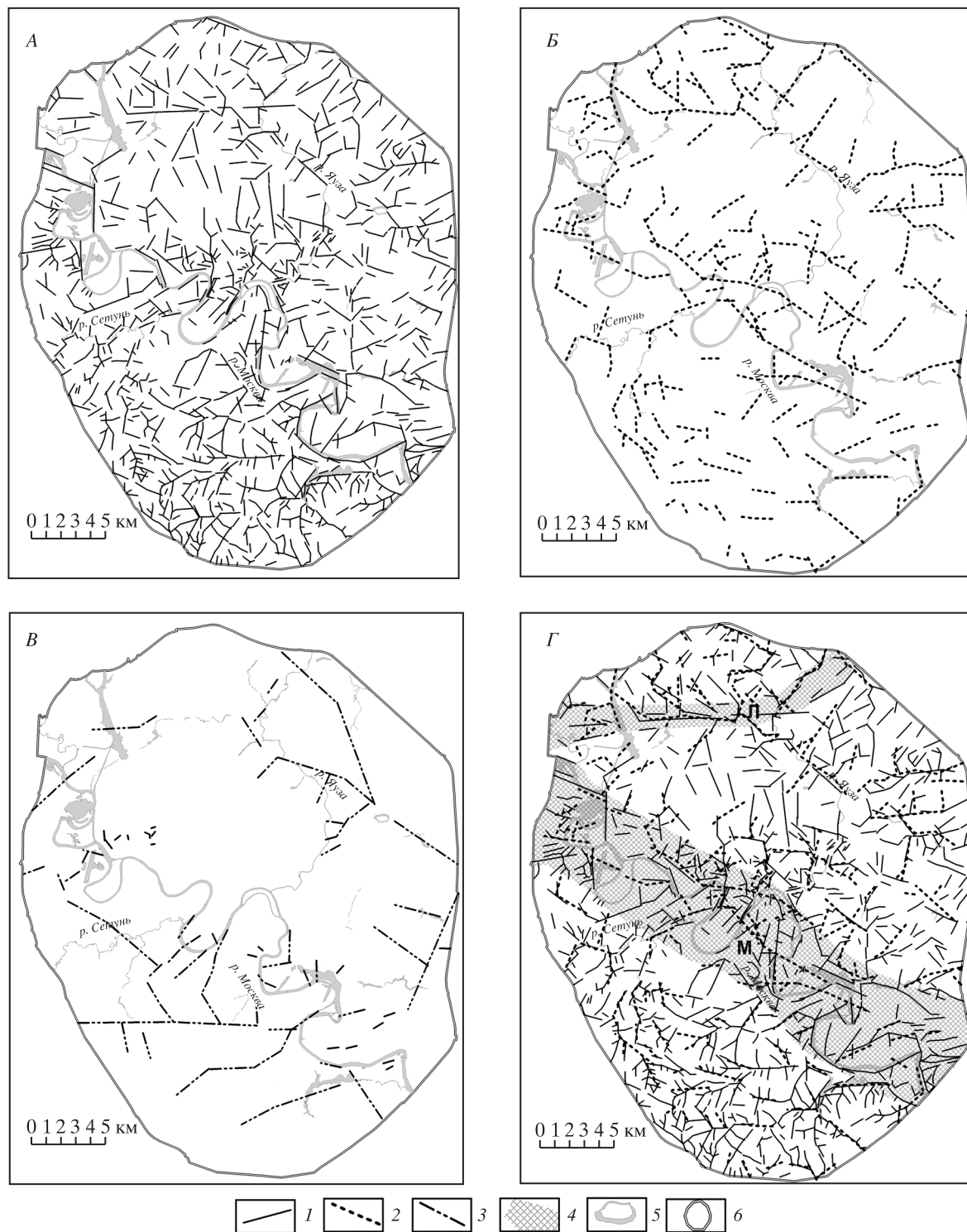
Поскольку для геодинамически активных зон характерна повышенная трещиноватость пород, для уточнения их расположения был использован метод линеаментного анализа.

Существуют значительные разночтения в трактовке терминов “линеамент”, “линеаментная зона” и “геодинамически активная зона”, часто под этим понимается один и тот же тип структур. Однако эти структуры принципиально различаются, прежде всего, по условиям образования. *Линеаменты* традиционно выделяются по прямолинейным элементам рельефа: спрямленным участкам тальвегов речных долин, оврагов, ложбин и т.д., прямолинейным участкам бровок террас и геоморфологических уровней. Они могут группироваться в *линеаментные зоны*. Линеаменты и линеаментные зоны наследуют трещины или их системы, разрывы, зоны разломов различного возраста и происхождения, геодинамически активные зоны и т.д. [7]. В связи с этим генезис

линеаментов тоже может быть разным: тектонический, ротационный, экзогенный, техногенный и др. Линеаменты могут развиваться как на границах неотектонических структур – поднятий и прогибов, так и в их пределах. *Геодинамически активные зоны*, в отличие от линеаментов, развиваются, главным образом, в условиях сопряжения неотектонических структур, имеющих различные геодинамические условия и имеют тектоническое происхождение. Для них также характерны повышенная трещиноватость и проницаемость геологической среды, поэтому в них часто развиваются линеаменты или линеаментные зоны аналогичного с ГдАЗ простирания, подчеркивая их. Таким образом, практически любая ГдАЗ является линеаментной зоной, но совсем не всякий линеамент или линеаментная зона – это ГдАЗ. На территории Москвы линеаменты развиваются в зонах повышенной трещиноватости, возможны разрывы и нарушения сплошности отдельных горизонтов различного возраста. Разломы, активные на современном этапе, здесь достоверно не установлены.

На “Структурно-геодинамической карте территории Москвы” м-ба 1:25 000 отображены линеаменты, выделенные по рельефу земной поверхности, т.е. преимущественно по техногенно-измененному рельефу. В процессе настоящей работы для линеаментного анализа был привлечен рельеф со снятыми техногенными отложениями, что значительно улучшило качество. Были исключены линеаменты техногенного происхождения и, наоборот, выявлены те из них, которые подверглись искусственному нивелированию (засыпанные, спрямленные русла рек, оврагов и т.д.) (рис. 2А). Это поле линеаментов имеет средне-неоплейстоцен-голоценовый (современный) возраст. Преобладают линеаменты северо-восточного и северо-западного простираний, практически отсутствуют субмеридиональные, а количество субширотных линеаментов в северной и южной частях территории незначительно. Наиболее протяженные линеаменты и линеаментные зоны имеют северо-восточное и северо-западное простирания.

Кроме того, в рамках крупномасштабного геологического картографирования по данным более чем 85 тыс. скважин были построены поверхности дочетвертичных (мезозойских) и каменноугольных отложений, имеющие эрозионно-тектоническое происхождение. По этим двум поверхностям также были выделены разновозрастные поля линеаментов.



**Рис. 2.** Разновозрастные поля линеаментов и геодинамически активные зоны Москвы. Линеаменты, выделенные по: А – рельефу земной поверхности (современные) (1); Б – поверхности мезозойских (дочетвертичных) отложений (миоцен-ранне-неоплейстоценовые) (2); В – поверхности каменноугольных отложений (верхнекаменноугольные-досреднеюрские) (3); Г – геодинамически активные зоны: М – Москворецкая, Л – Лихоборская (4); 5 – гидросеть, 6 – территория Москвы в пределах МКАД.

Возраст поверхности дочетвертичных (мезозойских) отложений датирован как миоцен-ранненеоплейстоценовый [3], таким же, вероятно, является и возраст этих линеаментов (рис. 2Б). Определение возраста линеаментов, особенно если они выделены по древним, погребенным поверхностям, – самостоятельная проблема. В данном случае подавляющее большинство линеаментов выделены по прямолинейным участкам эрозионных врезов, образовавшихся преимущественно в ранненеоплейстоценовое время благодаря деятельности водно-ледниковых потоков сетуньского и донского оледенений. Зоны трещиноватости, которые они наследовали, скорее всего, заложились ранее, поэтому возраст этого поля линеаментов и принят авторами, как миоцен-ранненеоплейстоценовый. Эти линеаменты несколько отличаются от описанных выше, современных. Основными элементами рельефа поверхности дочетвертичных отложений являются Татаровский и Хорошевский палеоврезы [2, 4], большинство протяженных линеаментов, преимущественно северо-западного простирания, связаны с этими палеоврезами. В северной части территории присутствуют достаточно протяженные линеаменты субширотного простирания. Средние линеаменты имеют, как правило, северо-восточное простирание. Короткие распространены на всей территории и имеют различную ориентировку с преобладанием северо-восточной и субширотной.

По поверхности каменноугольных отложений выделено поле линеаментов послекамменноугольного-досреднеюрского возраста (рис. 2В). Протяженные линеаменты северо-западного и северо-восточного простираний выделены по прямолинейным участкам Главной доюрской ложбины и ее притоков. Характерная особенность этого поля линеаментов – отсутствие линеаментов субмеридионального простирания и приблизительно одинаковое количество линеаментов северо-западного и северо-восточного простираний. Отсутствие линеаментов в центральной части территории связано с тем, что в результате раннечетвертичных и более поздних эрозионно-денудационных процессов центральная часть поверхности каменноугольных отложений была размыта.

Сравнительный анализ разновозрастных линеаментов показал, что поля линеаментов, выделенные по рельефу земной поверхности и погребенным эрозионно-тектоническим поверхностям, отличаются друг от друга. Наиболее сильно отличается поле, выделенное по поверхности каменноугольных отложений. Протяженный линеамент,

выделенный по Главной доюрской ложбине, не проявлен ни в поле миоцен-ранненеоплейстоценовых, ни в поле современных линеаментов. То же самое относится и к большинству остальных линеаментов этого возраста. Таким образом, поле линеаментов послекамменноугольного-досреднеюрского возраста, претерпело изменение во времени. Более поздние миоцен-ранненеоплейстоценовые и современные линеаменты не имеют с ним ничего общего, что позволяет отнести самые древние линеаменты к категории “отмерших”. Сравнение миоцен-ранненеоплейстоценовых и современных полей линеаментов друг с другом показывает, что они закономерным образом связаны друг с другом. Значительное количество протяженных ранненеоплейстоценовых линеаментов, выделенных по прямолинейным участкам притоков рек пра-Москвы и пра-Яузы, согласуются с современными. В пределах современной долины р. Москвы точного совпадения разновозрастных линеаментов друг с другом нет, но наблюдается общее преобладание протяженных линеаментов северо-западного простирания. Это позволяет заключить, что развитие большинства линеаментов было устойчивым в течение всего неотектонического этапа, начавшегося здесь в миоцене.

Москворецкая ГдАЗ (М) (рис. 2Г) северо-западного простирания, наследуемая долиной р. Москвы, хорошо согласуется с современными и ранненеоплейстоценовыми линеаментами. Граница распространения Москворецкой ГдАЗ отвечает развитию протяженных линеаментов северо-западного простирания миоцен-ранненеоплейстоценового и современного возраста.

Лихоборская ГдАЗ (Л) субширотного простирания, не столь ярко выраженная в рельефе, уточнена на основании анализа закономерностей развития ранненеоплейстоценовых и современных линеаментов. Она хорошо выделяется по протяженным субширотным линеаментам по р. Лихоборке и верховьями р. Яузы (см. рис. 2Г).

#### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОН

Согласно общепринятым представлениям, в геодинамически активных зонах, так же как и в разломах, горные породы могут характеризоваться повышенной деформированностью, трещиноватостью и, следовательно, проницаемостью [11]. С изменением свойств горных пород в ГдАЗ могут быть связаны такие опасные процессы, как карстово-суффозионные, оползневые, а также загрязнение подземных вод. В ГдАЗ могут созда-

ваться условия для активного водо- и газообмена подземных вод нижнего и верхнего гидродинамических этажей Московского артезианского бассейна с образованием гидрогеохимических и газовых аномалий. К этим зонам могут быть также приурочены гидрогеологические окна – участки быстрого проникновения загрязнения из загрязненного надъяурского водоносного горизонта в каменноугольные водоносные горизонты, в том числе в подольско-мячковский, имеющий стратегическое значение как резервный источник питьевого водоснабжения г. Москвы.

Изучение и мониторинг опасных геологических процессов в пределах городских агломераций приобретает все большее значение для их безопасного развития [16]. В ИГЭ РАН в 1995 г. составлена “Карта карстовой и карстово-суффозионной опасности в масштабе 1:50 000”, а в последующие годы карты оценки суффозионно-карстовой опасности отдельных районов Москвы в м-бах 1:10 000–1:2 000. В рамках крупномасштабного тематического геологического картографирования территории Москвы в 2007–2009 гг. [15] под руководством В.М. Кутепова была составлена “Карта опасности древних карстовых форм и современных карстово-суффозионных процессов м-ба 1:10 000” [6]. На ней отражены различные категории опасности древних карстовых форм и современных карстово-суффозионных процессов. Некоторые тематические слои этой карты показаны на рис. 3. Опасная категория древних карстовых форм “...приурочена к центральным частям разновозрастных эрозионных врезов, в пределах которых карбонатные породы каменноугольного возраста залегают непосредственно под четвертичными отложениями.” [6]. Карстовая опасность здесь связана со строением и состоянием ранее закарстованных и растворимых пород.

Опасная категория современных карстово-суффозионных процессов выделяется на участках, где “...зафиксированы современные карстово-суффозионные провалы и мульды оседания земной поверхности. Такие районы приурочены к доледниковым и современным речным долинам, где слабопроницаемый слой глинистых пород, разделяющий грунтовый и трещинно-карстовый водоносные горизонты отсутствует или имеет прерывистое распространение.” [6] (см. рис. 3). Кроме того, точечными знаками показан тематический слой, отражающий современные карстово-суффозионные воронки, провалы и мульды оседания.

Количественная оценка соотношения площадей, занимаемых Москворецкой (М) и Лихобор-

ской (Л) ГдАЗ, с площадями распространения карстовых и карстово-суффозионных форм позволила установить следующее:

- площадь геодинамически активных зон занимает около 30% исследуемой территории;

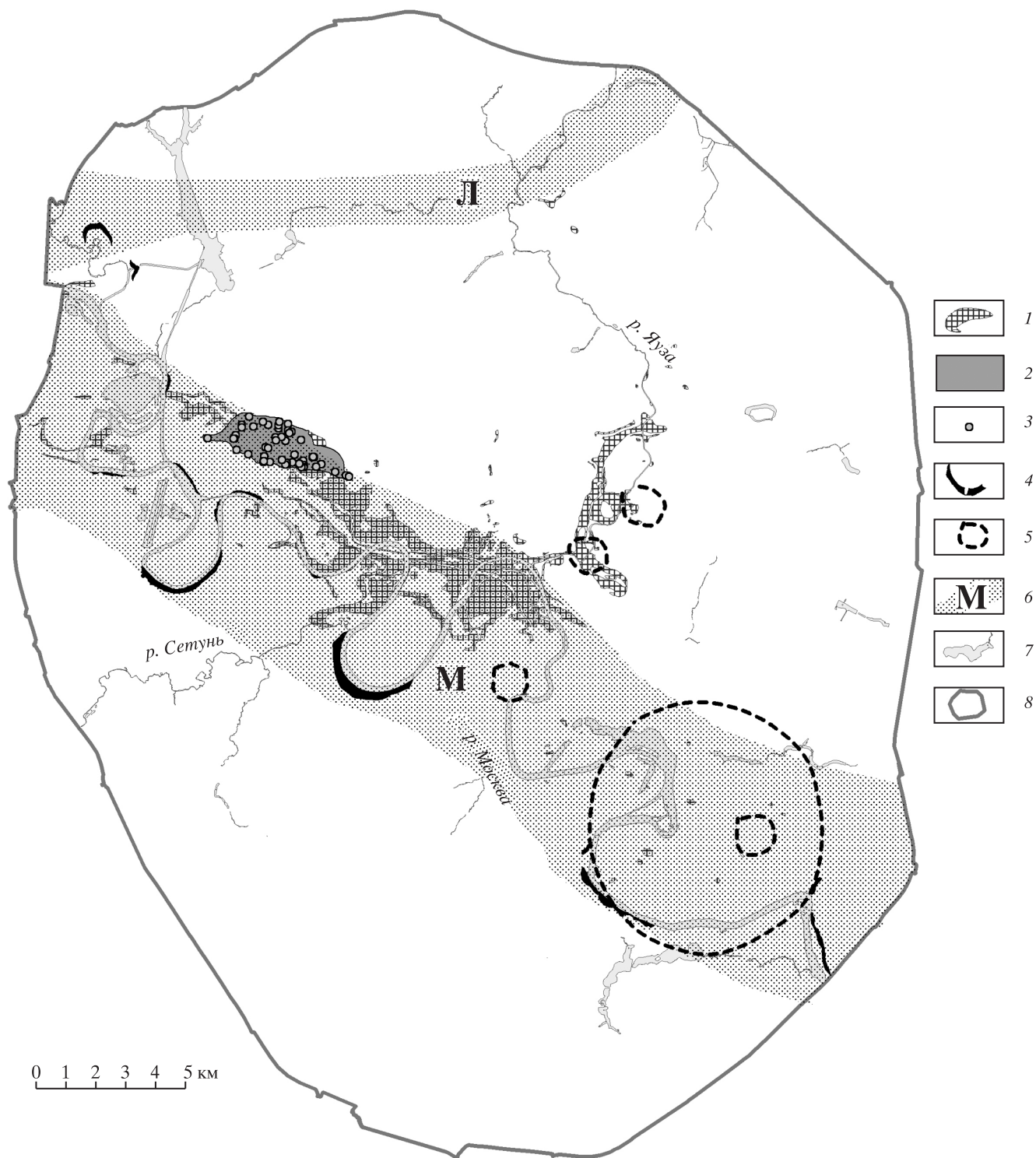
- в пределах ГдАЗ расположено 79% общей площади распространения опасной категории древних карстовых форм;

- в пределах ГдАЗ расположено 95% общей площади распространения опасной категории современных карстово-суффозионных процессов;

- из 50 зафиксированных карстово-суффозионных воронок, провалов и мульд оседания 42 расположены в пределах ГдАЗ.

Подавляющее большинство опасных, как древних, так и современных карстовых и карстово-суффозионных форм, зафиксированных в Москве, расположено в геодинамически активных зонах. Похожее соотношение наблюдается и в других регионах [3]. Таким образом, наблюдается закономерная приуроченность распространения карстовых и карстово-суффозионных форм к геодинамически активным зонам. Она обусловлена повышенной трещиноватостью карстующихся пород в этих зонах, и, соответственно, большей подверженностью растворению и выносу вещества с образованием карстовых пустот. Для территории Москвы – это большая трещиноватость каменноугольных известняков, подвергавшихся процессам карстообразования в ГдАЗ. Кроме того, закономерная приуроченность карстово-суффозионных процессов к ГдАЗ обусловлена большей скоростью фильтрации подземных вод, которая связана с повышенной проницаемостью перекрывающих карстующиеся породы толщ. Соответственно активней происходят процессы суффозионного выноса вещества из древних карстовых полостей и дезинтегрированных пород.

В связи с этим закономерен вопрос, почему не во всех зонах происходит развитие карстово-суффозионных процессов, в частности они отсутствуют в Лихоборской ГдАЗ. Дело в том, что с ГдАЗ закономерным образом связаны *концентрации* экзогенных процессов. При этом должны присутствовать необходимые условия для развития таких процессов. Для древнего карста – это наличие карстующихся пород, для современных карстово-суффозионных процессов – распространение этих пород в относительно приповерхностной зоне. В Лихоборской ГдАЗ закарстованные каменноугольные известняки расположены на большей глубине, чем в Москворецкой. Авторы



**Рис. 3.** Схема распространения карстовых, карстово-суффозионных, оползневых процессов, гидрогеологических окон и геодинамически активных зон.

Опасная категория: 1 – древние карстовые формы, 2 – современные карстово-суффозионные процессы; 3 – современные карстово-суффозионные воронки, провалы, мульды оседания; 4 – крупные оползни; 5 – гидрогеологические окна (куполов растекания в подольско-мячковском водоносном горизонте) для южных и восточного округов Москвы; 6 – ГдАЗ: М – Москворецкая, Л – Лихоборская; 7 – гидросеть; 8 – территория Москвы в пределах МКАД.



не исключают, что в этой зоне древние карстовые формы могут присутствовать, но для их выявления необходимо проведение специальных целенаправленных исследований.

Оползневые процессы на территории Москвы хорошо изучены [5,13,17]. Два тематических слоя “Карты развития подтопления и оползней территории Москвы”, построенной в рамках проекта по крупномасштабному картографированию показаны на рис. 3. Они представляют наиболее опасные категории развития этих процессов. Это – крупные активные и неактивные оползни. Практически все крупные оползни (97% площади распространения), как активные, так и неактивные приурочены к геодинамически активным зонам. Закономерная обусловленность процессов оползнеобразования геодинамически активными зонами заключается в том, что часто ГдАЗ развиваются в условиях сочленения неотектонических структур или структурных планов с образованием высокоградиентного рельефа (крутых уступов речных террас, склонов поднятий и т. д.), что является одним из необходимых условий для развития гравитационных процессов. Москворецкая ГдАЗ – граница поднятой (Наро-Фоминское поднятие) и устойчиво опускающейся (Мещерский прогиб) неотектонических структур, что и обуславливает, наряду с другими необходимыми условиями, развитие в ней оползневых процессов.

Гидрогеологические условия Москвы изучаются в ИГЭ РАН в течение двух последних десятилетий. В 2009 г. под руководством В.М. Кутепова и И.В. Галицкой была составлена “Карта районирования по условиям взаимосвязи водоносных горизонтов с элементами защищенности подольско-мячковского водоносного горизонта” в м-бе 1:10 000 [18]. В 2013 г. коллективом авторов для Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы было начато составление “Карты границ гидрогеологических окон” для территории г. Москвы в м-бе 1:10 000. Выделение гидрогеологических окон основывается на крупномасштабном картографировании геологического строения и гидрогеологических условий, фильтрационных расчетах, гидрогеохимических, гидрогеодинамических и тектонических признаках.

При построении карты был выполнен анализ изменения гидродинамических условий на участках гидрогеологических окон, выделенных комплексом методов, и потенциальных гидрогеологических окон, выделенных по тектоническим признакам. С гидродинамических позиций гидро-

геологические окна – это фильтрационные окна, т.е. участки, в пределах которых увеличивается интенсивность перетекания из одного горизонта в другой через слабопроницаемые отложения за счет увеличения их проницаемости или уменьшения мощности. Увеличение перетекания может проявляться в надъяюрском водоносном горизонте в формировании некоторой депрессии урвеной поверхности на участках окон относительно соседних участков, в подольско-мячковском – в некотором поднятии урвеной поверхности или формировании купола, а также в уменьшении разности напоров подземных вод в обоих горизонтах. Эти признаки использованы при анализе деформации урвеной поверхности на участках выявленных и потенциальных гидрогеологических окон. Следует отметить, что в реальных условиях города деформации урвеной поверхности могут быть вызваны водоотливом из метро, работой водозаборов подземных вод, утечками из коммуникаций и многими другими факторами. Выполненные для ряда округов г. Москвы исследования показали, что можно выделить три типа влияния гидрогеологических окон на гидродинамические условия участков, приуроченных к линеamentным и геодинамически активным зонам. Для первого типа характерно отсутствие деформации урвеной поверхности подольско-мячковского горизонта в пределах потенциальных гидрогеологических окон, выделенных по тектоническим признакам, что может объясняться незначительными размерами линеamentов в плане и по глубине и большой мощностью юрских глин. Второй тип – формирование куполов растекания в подольско-мячковском водоносном горизонте в пределах Москворецкой геодинамически активной зоны на участках небольшой мощности юрских отложений (10 м и менее) и в пределах потенциальных гидрогеологических окон разного типа, особенно 1-го (см. рис. 3). Третий тип проявляется в формировании вытянутых в направлении крупных линеamentных зон депрессий урвеной поверхности подольско-мячковского горизонта. Такие зоны приурочены к протяженным глубоким линеamentам, где интенсивное перетекание идет не только из надъяюрского горизонта в подольско-мячковский, но и из подольско-мячковского в более глубоко залегающие водоносные горизонты в каменноугольных отложениях.

Таким образом, гидрогеологические окна определенного типа, характеризующиеся изменением гидродинамических условий из-за повышенной проницаемости и пониженной мощности слабопроницаемых юрских и каменноугольных глин, часто приурочены к геодинамически активным

и линеamentным зонам, что позволяет использовать последние для их картографирования. Геоэкологическое значение картографирования потенциальных гидрогеологических окон заключается в том, что в условиях недостатка или отсутствия детальной гидрогеологической информации, по тектоническим признакам могут быть дополнительно выделены потенциально опасные участки быстрого проникновения загрязнения из надюрского водоносного горизонта в подольско-мячковский.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пределах Москвы выделены две геодинамически активные зоны – Москворецкая и Лихоборская, различающиеся по геодинамическим условиям образования. Они формируются под влиянием глубинных окраинно-платформенных и внутриплатформенных источников напряжений и деформаций. Границы геодинамически активных зон уточнены на основании детального анализа разновозрастных линеamentов.

По рельефу и двум погребенным поверхностям осадочного чехла выделены линеamentы и их зоны, определен их возраст. Линеamentы послекамменноугольного-досреднеюрского возраста формировались в условиях герцинского и киммерийского тектогенеза. Миоцен-неоплейстоценовые, современные линеamentы и ГдАЗ, – в условиях позднеальпийского тектогенеза, точнее, в ее неотектоническую стадию, которая характеризуется иными геодинамическими условиями по сравнению с герцинской и киммерийской. Перестройка геодинамических условий характерна не только для исследуемой территории, но и для Восточно-Европейской платформы в целом [20].

Геодинамически активные зоны характеризуются повышенной трещиноватостью и флюидо- и газопроницаемостью горных пород, которые способствуют развитию в них опасных геологических процессов – карстовых, карстово-суффозионных, а также загрязнению подземных вод на участках гидрогеологических окон. В рельефе ГдАЗ проявлены повышенными градиентами крутизны склонов, что является одним из необходимых условий для развития гравитационных процессов.

Геодинамически активные и линеamentные зоны следует рассматривать в качестве самостоятельных природных объектов, влияющих на несущие свойства грунтов, условия гидравлической взаимосвязи между смежными водоносными

горизонтами и, соответственно, на наземную и подземную инфраструктуру мегаполиса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьева С.В., Макаров В.И. Крупномасштабное картографирование новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Москвы) // Геоэкология. 2010. № 2. С. 99–114.
2. Данышин Б.М. Геологическое строение и полезные ископаемые Москвы и ее окрестностей (природная зона). М.: МОИП, 1947. 395 с.
3. Дорожко А.Л. Неотектоника, геодинамически активные зоны Москвы и их геоэкологическое значение // Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ООО "Ай-клуб", 2014. 26 с.
4. Кожевников А.В., Кожевникова В.Н., Рыбакова Н.О., Петрова Е.А. Стратиграфия подмосковного плейстоцена // Бюлл. МОИП. 1979. Т. 54. Вып. 2. С. 103–127.
5. Кутепов В.М., Анисимова Н.Г., Кожевникова И.А. Инженерно-геологические условия оползневой участка в окрестностях Коломенского в Москве // Сергеевские чтения: матер. годич. сессии РАН (Москва 2001). М.: ГЕОС, 2001. Вып. 3. С. 227–230.
6. Кутепов В.М., Козлякова И.В., Анисимова Н.Г., Еремина О.Н., Кожевникова И.А. Оценка карстовой и карстово-суффозионной опасности в проекте крупномасштабного геологического картирования г. Москвы // Геоэкология. 2011. №3. С. 215–226.
7. Макаров В.И. Линеamentы (проблемы и направления исследований с помощью аэрокосмических средств и методов) // Исслед. Земли из космоса. 1981. № 4. С. 109–115.
8. Макаров В.И. О региональных особенностях новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности // Недра Поволжья и Прикаспия. Спец. Вып. 13. 1996. С. 53–60.
9. Макаров В.И., Бабак В.И., Гаврюшова Е.А., Федонкина И.Н. Новейшая тектоническая структура и рельеф Москвы // Геоэкология. 1998. № 4. С. 3–20.
10. Макаров В.И., Бойков В.В., Булаева Е.А. Опыт использования методов спутниковой геодезии (GPS) для изучения современных движений и деформаций земной коры платформенных территорий на примере Приокского района Русской плиты // Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы. Матер. XVI Междунар. конф. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2010. С. 33–39.
11. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макарова Н.В., Макеев В.М. Современные геодинамически активные зоны платформ // Геоэкология. 2007. № 2. С. 99–110.

12. Макарова Н.В., Makeev В.М., Суханова Т.В. и др. Новейшая тектоника и геодинамика Нижнеокского района (Русская плита) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2012. № 4. С. 3–11.
13. Makeev В.М., Бабак В.И., Макаров В.И., Григорьева С.В., Дорожко А.Л. О возможном влиянии неотектонических структур и движений на оползневые процессы на склоне Воробьевых гор Москвы // Сергеевские чтения. Вып. 9. М.: ГЕОС, 2007. С. 136–141.
14. Москва: геология и город / Под ред. В.И. Осипова, О.П. Медведева. М.: АО “Московские учебники и Картолитиграфия”, 1997. 400 с.
15. Осипов В.И. Крупномасштабное геологическое картирование территории г. Москвы // Геоэкология. 2011. №3. С. 195–197.
16. Осипов В.И., Макаров В.И. Современные геологические процессы, их динамика, экологическое значение и мониторинг в связи с проблемой безопасного развития городов и крупных промышленных объектов // Мониторинг геологической среды: активные эндогенные и экзогенные процессы. Казань: Изд-во КГУ, 2000. С. 11–20.
17. Осипов В.И., Постоев Г.П. Уроки катастрофической активизации глубоких оползневых подвижек на участке Хорошево (Москва) // Сергеевские чтения. Вып. 9. М.: ГЕОС, 2007. С. 155–160.
18. Позднякова И.А., Кожевникова И.А., Костинова И.А., Томс Л.С. Оценка условий взаимосвязи водоносных горизонтов на основе крупномасштабного картирования геологического строения и гидрогеологических условий г. Москвы // Геоэкология. 2012. № 6. С. 527–539.
19. Трегуб А. И. Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива // Тр. НИИ геологии ВГУ. Вып. 9. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. 220 с.
20. Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. 299 с.
21. Dorozhko A.L., Makeev V.M. Large-scale Structural and Geodynamic Mapping of Platform Territories on the Example of Moscow // Earth Science and Engineering. USA. 2013. № 3. P. 527–539.

## GEODYNAMICALLY ACTIVE ZONES AND LINEAMENTS IN MOSCOW AND THEIR ENVIRONMENTAL ROLE

A. L. Dorozhko, V. M. Makeev, G. I. Batrak, I. A. Pozdniakova

*Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS,  
Ulanskii per. 13, bld. 2, Moscow, 101000 Russia. E-mail: a\_dorozhko@mail.ru*

A large-scale structural-geodynamic research was accomplished for the territory of Moscow (within the Moscow Ring Road) in order to detect the platform zones of neotectonic stresses and deformation concentrations (geodynamically active zones). The environmental importance of such zones was assessed. Lineaments of different age were distinguished in the modern topography as well as in the buried preQuaternary and preMesozoic surfaces. These buried surfaces were reconstructed on the basis of more than 85000 borehole data. The data obtained now and the results of previous research permitted us to substantiate outlining of two geodynamically active zones, i.e., Moskvoretskaya and Likhoborskaya zones. Geohazards (karst, karst-suffosion, landslides, and underground water pollution) were proved to be related to these zones.

**Keywords:** *geodynamically active zones, lineaments, neotectonic structures, karst and karst-suffosion processes, underground water, hydrodynamic conditions, pollution, hydrogeological windows.*