

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 528.94:551.4.042

© 1997 г. **В.Вад. БРОНГУЛЕЕВ, Н.С. БЛАГОВОЛИН, Т.Б. ДЕНИСОВА,
Л.С. КУРБАТОВА, Д.В. ЛЕВАШЕНКО, А.Г. МАКАРЕНКО,
А.Н. МАККАВЕЕВ, Л.А. НЕКРАСОВА**

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ЭКЗОГЕОДИНАМИКИ
РУССКОЙ РАВНИНЫ И ВОПРОСЫ ЕЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ¹****Введение**

В геоморфологии и инженерной геологии под экзогеодинамикой подразумевают обычно весь комплекс экзогенных процессов рельефообразования вплоть до процессов выветривания [1]. Полностью признавая справедливость такого понимания термина, в рамках данной работы мы воспользовались им в несколько более узком смысле, включая в него лишь процессы, связанные с деформацией значительных объемов пород, протекающие сравнительно быстро и, как правило, неравномерно во времени. К ним можно отнести карстовые провалы и обрушения, оползневые и обвальные явления, а также значительные техногенные преобразования рельефа и геологической среды, возникающие в ходе строительства, добычи полезных ископаемых и некоторых других видов хозяйственной деятельности. Такой выбор не случаен; он связан с тем, что названные процессы представляют собой особый вид опасности для промышленных сооружений, зданий, транспортных путей, продуктопроводов и т.п., который можно было бы назвать экзогеодинамической опасностью. Специфика этих процессов состоит также и в том, что они в наиболее интенсивных своих проявлениях могут генерировать сейсмические толчки силой до 5–6 баллов в эпицентре (оползневые и обвально-карстовые землетрясения [2, 3], наведенная сейсмичность в районах разработки месторождений [4, 5]). Это придает им особую значимость как фактору, влияющему на оценку сейсмичности территории.

Развитие экзогеодинамических процессов контролируется множеством условий, как тектонических, или эндогенных, так и климатических, или экзогенных. Особое место занимают собственно геоморфологические условия, т.е. особенности той поверхности, на которой происходит развитие экзогеодинамических процессов. Одной из важных характеристик поверхности является глубина расчленения (иногда называемая «энергией рельефа»). Вертикальное расчленение служит необходимым условием развития карста и гравитационных явлений – оползней, обвалов и т.п., и в то же время до некоторой степени определяет характер их проявления и масштаб выделяющейся при этом энергии.

Указанные соображения послужили основанием для выбора объектов картирования при разработке легенды и составлении карты современных экзогеодинамических процессов Русской равнины в м-бе 1 : 5 000 000. Эта работа выполнена в лаборатории геоморфологии Института географии РАН и нижеследующее описание региональных особенностей экзогеодинамики данной территории дается по авторскому макету этой карты.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 95-05-15021).

Легенда содержит четыре основных блока: карстовые явления, оползневые явления, техногенные нарушения земель и глубина расчленения поверхности.

В блоке **карстовых явлений** прежде всего выделяются области распространения карстующихся пород, которые разделены на основные литологические типы: карбонатный (известняковый и меловой), сульфатный, соляной, а также смешанные. В пределах этих областей показаны районы развития поверхностных форм: карстовых и карстово-суффозионных воронок, котловин, провалов, с той или иной плотностью форм, а также отдельные крупные формы или их группы. Все они относятся к покрытому и подземному карсту; голый карст практически отсутствует на рассматриваемой территории.

Территории, расположенные вне этих районов, но в пределах областей распространения карстующихся толщ мы рассматриваем как области возможного развития карста, т.е. как области, где этот процесс либо настолько слаб, что еще не проявился на поверхности, либо его развитие возможно при изменении внешних условий: крупномасштабных преобразованиях рельефа, изменении уровня подземных вод, гидротехническом строительстве и т.п. Здесь же может быть развит подземный карст, на поверхности никак не выраженный.

Такой способ изображения карстовых явлений позволяет не только увидеть на карте их пространственное размещение, но и оценить интенсивность и характер проявления данного процесса, поскольку они в значительной степени определяются литологическим типом карстующихся пород.

Оползневые явления. Данный тип экзогеодинамических процессов изображен на карте довольно просто. Выделены области, соответствующие четырем градациям интенсивности развития оползней: низкой, средней, высокой и очень высокой, а также районы, практически не подверженные оползневым процессам. Границы указанных областей показаны по данным Карты распределения оползней на территории Европейской части СССР и Кавказа (м-б 1 : 2 500 000) [6]. Более подробное изображение оползневых явлений в данном масштабе при всей остальной нагрузке было бы затруднительным.

Техногенные нарушения земель. Значительные нарушения рельефа и геологической среды возникают при осуществлении городского и промышленного строительства, эксплуатации подземных вод, прокладке и эксплуатации подземных коммуникаций и помещений, уничтожении естественной гидро- и овражно-балочной сети, строительстве каналов и плотин, открытой и подземной добыче полезных ископаемых и других видах хозяйственной деятельности. Они приводят к образованию крупных положительных и отрицательных форм рельефа, оседанию земной поверхности, возникновению провалов, оползней, трещин, формированию новой структуры гидросети и поверхностного и подземного стока, развитию карстово-суффозионных процессов.

Данный раздел легенды содержит две группы условных обозначений. В одну из них входят районы добычи полезных ископаемых: руд черных и цветных металлов, строительного и химического сырья открытым способом, с глубиной карьеров 50–100 и более м, районы добычи угля подземным способом, районы добычи соли и районы добычи нефти и газа. К этой же группе относятся районы интенсификации карстовых, оползневых, обвально-просадочных явлений на урбанизированных территориях. Другая группа обозначений содержит характеристику интенсивности комплексных техногенных нарушений земель и вызванных ими экзогеодинамических проявлений. Выделены границы районов с очень высокой степенью нарушений, вплоть до возникновения наведенной сейсмичности, с высокой степенью нарушений, при которой происходит развитие мульд проседания на поверхности и образование депрессионных воронок подземных вод, и умеренной, где указанные явления не зафиксированы в значительных масштабах, однако происходят техногенные преобразования рельефа, активизация экзогенных процессов.

Глубина расчленения рельефа. В отличие от конкретных экзогеодинамических процессов, которые на территории Русской равнины занимают лишь отдельные ареалы, этот весьма важный показатель имеет сплошное распространение. Поэтому мы сочли целесообразным показать именно его с помощью фоновой цветной закрашки карты. Шкала значений глубины расчленения такова: 0–10–30–70–120–180 и более м. При этом все остальные составляющие карты показаны цветными штриховками (литологические типы карста), крапом (карстовые районы), внесмасштабными знаками (отдельные карстовые формы или их группы, места добычи полезных ископаемых), границами различных типов (оползневые области, районы техногенного нарушения земель). Такой способ позволяет наложить несколько слоев нагрузки на карту и делает ее легко читаемой.

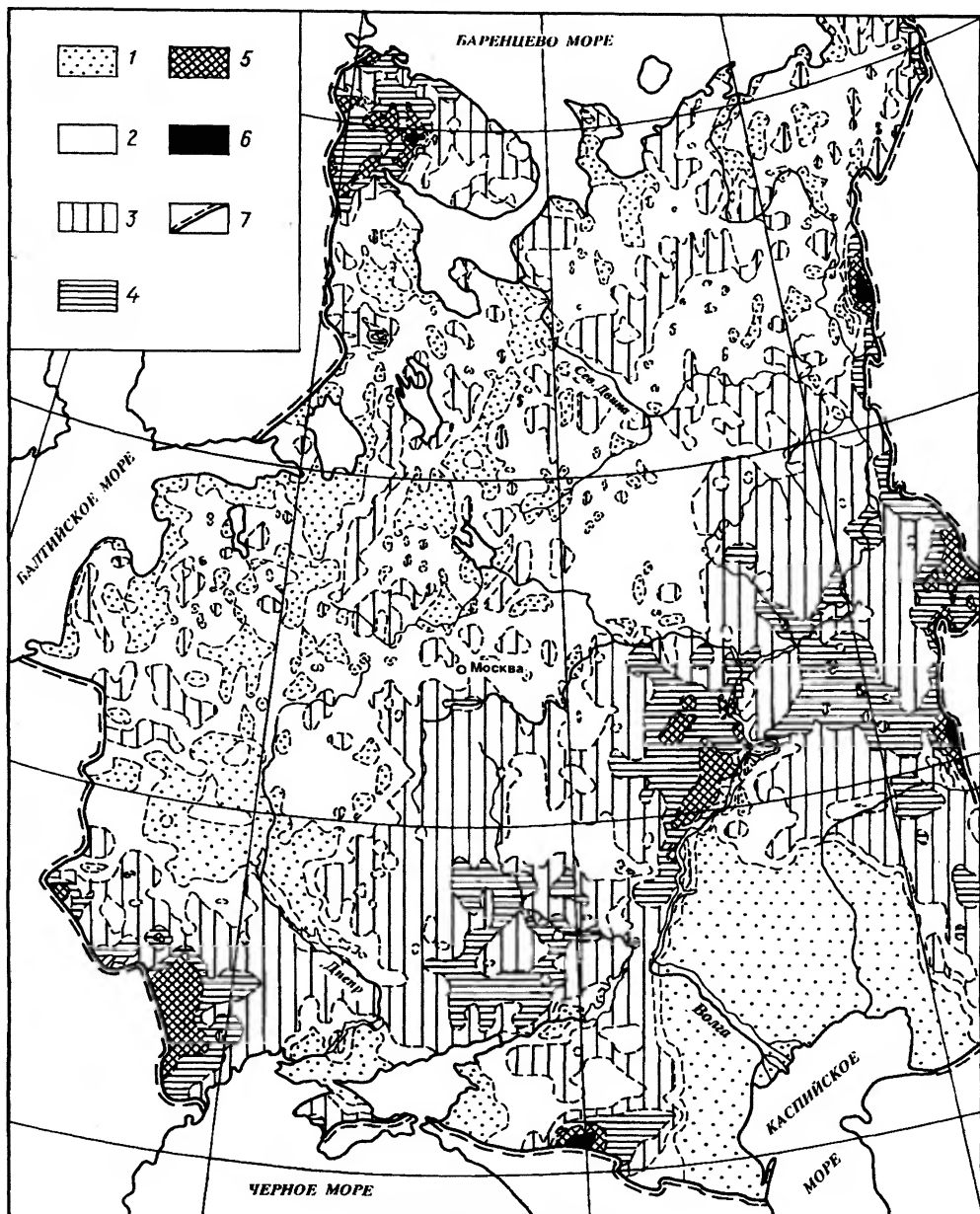


Рис. 1. Схема глубины эрозионного расчленения Русской равнины и Балтийского щита. Составлена по данным карты [7]

Области с глубиной расчленения, м: 1 – <10, 2 – 10–30, 3 – 30–70, 4 – 70–120, 5 – 120–180, 6 – >180; 7 – здесь и на рис. 2, 3, 5 – границы рассматриваемой территории

Краткая региональная характеристика экзогеодинамики Русской равнины

Глубина расчленения. Распределение этого показателя (рис. 1²) в целом согласуется с распределением абсолютных высот территории и обнаруживает достаточно тесную связь с амплитудой новейших тектонических движений. Максимальные значения глубины расчленения приурочены к возвышенностям южной части равнины и Приуралья. Районы с глубиной расчленения более 70 м занимают значительные части возвышенностей Приднепровской, Приазовской, Ставропольской, Приволжской, Бугульминско-Белебевской. Северо-западная и северная части равнины характеризуются глубиной расчленения

Таблица 1

Распределение глубины расчленения по площади на территории Русской равнины

Глубина расчленения, м	0–10	11–30	31–70	71–120	121–180	>180
Площадь, млн. км ²	1,27	1,72	1,58	0,39	0,09	0,05

преимущественно менее 30 м; лишь небольшие по площади территории имеют здесь значения этого показателя от 31 до 70 м. Любопытно, что по характеру ареалов с той или иной глубиной расчленения отчетливо вырисовывается мелкоконтурная северо-западная часть равнины, подвергавшаяся плейстоценовым оледенениям, и область крупных ареалов с преобладанием глубины расчленения более 30 м в юго-восточной половине равнины, лежащей в основном за пределами четвертичных ледниковых покровов. В этом, очевидно, проявляется влияние ледникового морфогенеза (экзогенного фактора) на характер расчленения, в то время как корреляция последнего с неотектоникой отражает влияние эндогенного фактора.

Распределение глубины расчленения по площади на территории Русской равнины отражено в табл. 1. В ней использованы данные, снятые с карты по сетке 20' × 30'. Наибольшую площадь (треть территории) занимают области с глубиной расчленения от 11 до 30 м. Однако надо иметь в виду, что если бы в нашем распоряжении были данные с равномерной шкалой по 10 м, то при использовании таких равных интервалов, как это легко заметить из таблицы, максимальную площадь имел бы интервал 0–10 м (почти четверть территории) с последовательным уменьшением площади остальных интервалов.

Карст. Карст Русской равнины подробно описан многими исследователями – А.Г. Чижишевым, Н.А. Гвоздецким, Н.В. Родионовым, А.В. Ступишиным и др. При составлении карты использовались как данные крупных обобщающих работ [8–11 и др.], так и большое количество фондовых материалов. Распределение карста определяется в первую очередь геологическими условиями – наличием карстующихся пород. В то же время для его развития необходима достаточно интенсивная циркуляция подземных вод, которая обеспечивается как проницаемостью (раздробленностью) пород, так и положением карстующегося массива относительно базиса эрозии, т.е. его приподнятостью и расчлененностью. Сочетание этих факторов (вкпе с климатическими) и создает наблюдаемое распределение карстовых явлений. Наибольшие площади в пределах Русской равнины занимает карбонатный карст (рис. 2). В северной половине территории это известняковый карст, в южной – преимущественно меловой. Известняковый карст представлен подземными полостями, пещерами, воронками и некоторыми другими формами. Плотность воронок на отдельных участках достигает до 100 и более на 1 км². Крупные воронки достигают 150 м в диаметре и более 25 м глубины. Протяженность пещер, как правило, не превышает первых сотен метров. Области наиболее значительных проявлений известнякового карста приурочены к зонам с большой глубиной расчленения в Приуралье, на Приволжской, Валдайской возвышенностях, а также в районах, где он сочетается с сульфатным карстом (Кулойское плато, Приднестровье).

Меловой карст выражен, как правило, сравнительно мелкими поверхностными формами: воронками или «блюдцами» с плотностью менее 1 на 1 км². Подземные полости типа

² На этом и других рисунках показана не только Русская равнина, но и восточная часть Балтийского щита, для которой имелись данные.

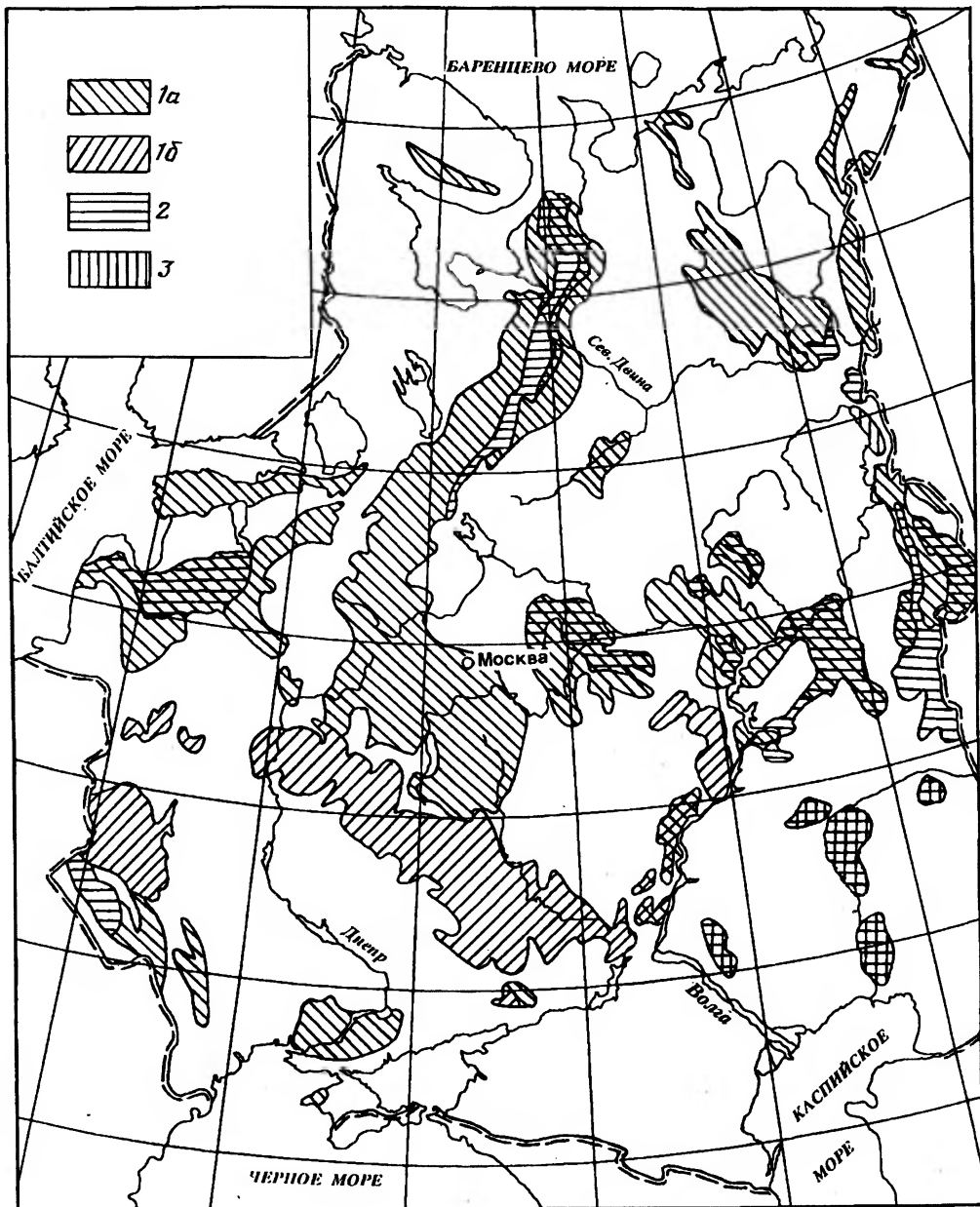


Рис. 2. Схема областей распространения карстующихся пород и возможного развития карста (по Н.В. Родионову [8], с дополнениями)

Литологические типы карста: 1 – карбонатный (а – известняковый, б – меловой), 2 – сульфатный, 3 – соляной

пещерок имеют протяженность не более нескольких десятков метров. Меловой карст довольно широко распространен в южной части равнины, на Среднерусской, Калачской, Приволжской возвышенностях, а также на западе – в пределах юго-западной части Полесья и Волынской возвышенности.

Наибольшая интенсивность свойственна сульфатному карсту. В пределах его развития фиксируются районы с аномально высокой (более 300 на 1 км²) плотностью поверхностных форм – воронок, провалов, среди которых большую долю занимают крупные (воронки

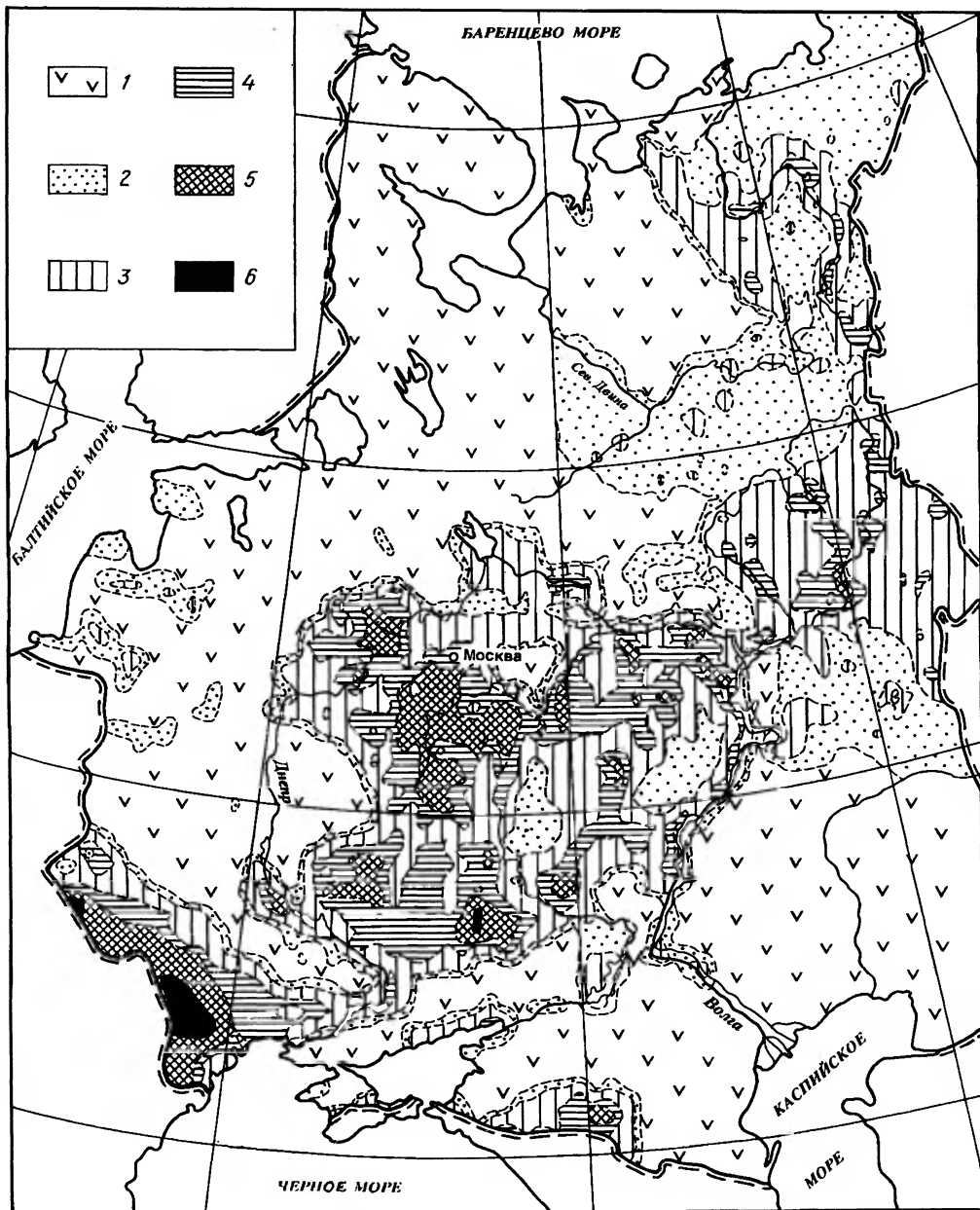


Рис. 3. Схема интенсивности оползневого процесса. Составлена по данным Кюнтцеля В.В. и др. [6]
Области с интенсивностью оползневого процесса в баллах: 1 – 0; 2 – 1; 3 – 2 и 3; 4 – 4; 5 – 5 и 6; 6 – 7

глубиной более 25 м, провалы объемом до 1 млн м³). Протяженность крупнейших пещер достигает многих десятков километров. Такие районы расположены на Кулойском плато, на междуречье Днестра и Прута, в Пермской области. Довольно интенсивный сульфатный карст нередко встречается также во многих районах центра равнины.

Соляной карст имеет ограниченное распространение на данной территории. Основные районы его развития – Приуралье (Соликамск), Прикаспийская низменность, Приднепровская низменность.

Оползни. На рис. 3 показано распределение оползневого процесса на территории Русской равнины, полученное непосредственно по данным карты [6]. Интенсивность ополз-

Балльные оценки интенсивности оползневого процесса

Степень подверженности оползневому процессу	Нулевая		Слабая			Средняя			Сильная			Массовое распространение оползней
Количество отдельных оползней или их групп	0	1-3	0	1-3	>3	0	1-3	>3	0	1-3	>3	
Баллы (1-й вариант)	0		1			2			3			4
Баллы (2-й вариант)	0	1	2	3	4	5	6	7				

невого процесса была оценена в баллах по сетке $20' \times 30'$. Использовались два варианта оценки: первый – по зонам с различной степенью подверженности территории оползневому процессу, второй, более детальный – учитывающий не только степень подверженности, но и количество отдельных оползней или их групп, попавших в ячейку (см. табл. 2). На рисунке изображено распределение интенсивности в баллах, полученных по второму способу. Мы приводим здесь эту, более детальную, чем на карте экзогеодинамики, картину, поскольку есть возможность показать ее отдельным слоем. Обращает на себя внимание сходство общих черт распределения оползней и глубины расчленения. Подвержены оползням почти исключительно области с глубиной расчленения более 30 м. Однако дальнейшее возрастание этого показателя до величины более 70 м не влечет столь же заметного увеличения интенсивности оползневого процесса; в некоторых случаях она даже падает, как, например, на Приволжской возвышенности.

Распределение оползневого процесса по площадям для обоих вариантов балльной оценки приведено на рис. 4. В график включены и области, практически не подверженные оползневому процессу (балл 0), занимающие почти половину территории. Среди оползневых районов области со средней степенью подверженности (балл 2 в первом варианте) занимают площадь большую, чем со слабой. Области с сильной подверженностью и с массовым распространением оползней занимают незначительную долю территории (1%



Рис. 4. Площадное распределение территорий с различной интенсивностью оползневого процесса

а – первый вариант балльной оценки, б – то же, второй вариант

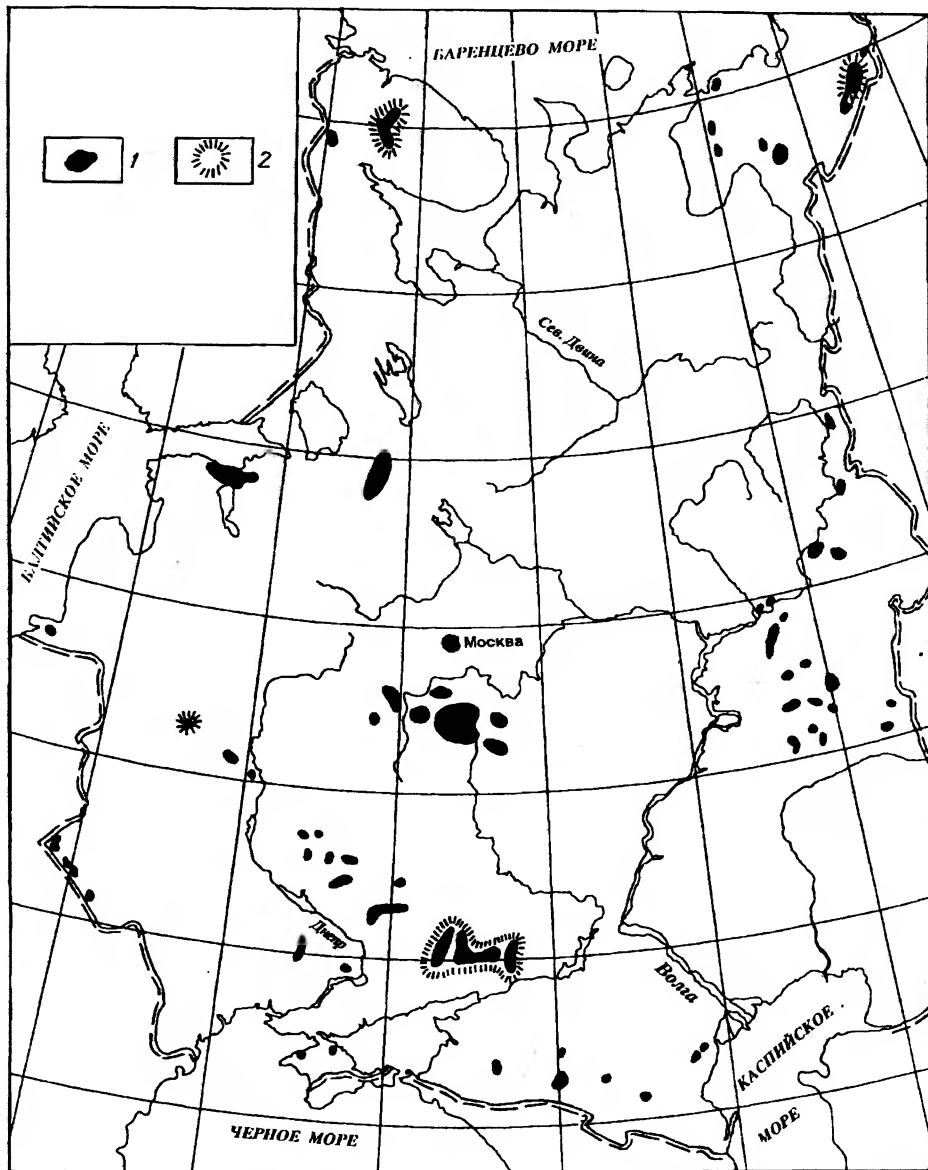


Рис. 5. Схема районов сильного техногенного нарушения земель

1 – районы техногенных нарушений земель, сопровождающихся образованием мульд проседания на поверхности и депрессионных воронок подземных вод, 2 – районы проявления наведенной сейсмичности (до 5–6 баллов в эпицентре)

и 0,4%). При учете отдельных оползневых очагов (второй вариант балльной оценки) возникает отчетливый минимум для областей со слабой подверженностью оползневому процессу и количеством оползней в ячейке от 1 до 3 (балл 2). Такая особенность площадного распределения указывает на существование своеобразной «пороговости» в развитии оползневого процесса: достигнув определенного уровня интенсивности, он распространяется достаточно широко.

Техногенные нарушения земель. Экзогеодинамические процессы, связанные с такими нарушениями, развиты в первую очередь в областях добычи угля, руды, нефти и газа, солей. Наибольшей интенсивности, вплоть до возникновения техногенных землетрясений

они достигают в Донбассе, Воркутинском бассейне, на Кольском п-ове (Мончегорск, Апатиты), в районе Солигорского месторождения калийных солей (рис. 5). Значительные нарушения земель, сопровождающиеся интенсивными проседаниями, провалами, активизацией карстовых процессов фиксируются в Подмосковном бурогольном бассейне, в Пермской области (Соликамск), в районах многочисленных разрабатываемых месторождений нефти и газа Волго-Уральской области, в районах добычи бокситов (Тихвин), горючих сланцев (Сланцы) и т.д. Во многих случаях такие районы располагаются в условиях довольно значительного вертикального расчленения и высокой активности естественных экзогеодинамических процессов, что способствует высокой интенсивности и техногенно-обусловленных процессов.

Заключение

Составленная карта содержит весьма детальный материал по экзогеодинамике Русской равнины, который либо имеет определенную количественную меру, либо поддается балльной оценке. В настоящее время завершается выполнение такой оценки для карста (помимо уже сделанной для оползней). В совокупности с данными по амплитудам неотектонических движений, активным разломам, геологической структуре Восточно-Европейской платформы, а также по густоте расчленения рельефа и комплексу климатических показателей – карта представляет широкие возможности для анализа эндогенных и экзогенных факторов, влияющих на развитие экзогеодинамических процессов. Целью дальнейших исследований в этом направлении являются количественная оценка и анализ пространственных закономерностей такого влияния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экзогеодинамика Западно-Сибирской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1986. 245 с.
2. Ананьин И.В. Русская равнина и Урал // Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 307 с.
3. Ломтадзе Б.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977. 479 с.
4. Емельянов А.П., Боборыкин А.М., Левашов К.И., Сероглазов Р.Р. Солигорские землетрясения в Белоруссии // Землетрясения в СССР в 1983 году. М.: Наука, 1986. С. 17–18.
5. Руководство по определению возможности проявления техногенных землетрясений в горнодобывающих районах страны. М.: ВНИИГАЗ, 1991. 79 с.
6. Кюнтцель В.В., Сергеева К.С., Тарасова Г.И. Карта распространения оползней на территории Европейской части СССР и Кавказа в м-бе 1 : 2 500 000. Л.: ВСЕГИНГЕО, 1983.
7. Карта эрозионного расчленения территории СССР. М-б 1 : 2 500 000. Под ред. Д.А. Тимофеева. М., 1985: Институт географии РАН.
8. Родионов Н.В. Карст Европейской части СССР, Урала и Кавказа. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 175 с.
9. Ступишин А.В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. Казань. Изд-во Казанского ун-та, 1967. 291 с.
10. Карст равнинных территорий Европейской части СССР. Казань, Изд-во Казанского ун-та, 1974. 160 с.
11. Чикишев А.Г. Проблемы изучения карста Русской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1979. 303 с.

Институт географии РАН

Поступила в редакцию
06.08.96

SPECIAL FEATURES OF PRESENT-DAY EXOGEODYNAMICS ON THE RUSSIAN PLANE AND ITS MAPPING

V.Vad. BRONGULEYEV, N.S. BLAGOVOLIN, T.B. DENISOVA, L.S. KURBATOVA,
D.V. LEVASHENKO, A.G. MAKARENKO, A.N. MAKKAVEYEV, L.A. NEKRASOVA

S u m m a r y

The main features of spatial distribution of karst, landslides, strong technological transformations of land surface as well as amplitudes of erosional dissection within the Russian Plane are shown. The principles of exogeodynamic map compiling (in the scale of 1 : 5 000 000) and legend of this map are presented.