

УДК 551.432(–924.8)

© 2000 г. В. Вад. БРОНГУЛЕЕВ, А.Г. МАКАРЕНКО

**О ВЛИЯНИИ НЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ
НА ЭКЗОМОРФОГЕНЕЗ РУССКОЙ РАВНИНЫ¹****Введение**

Тезис о влиянии неотектоники на экзогенные процессы рельефообразования не нуждается в обоснованиях. Многочисленные примеры связи неотектонических движений и особенностей развития экзогенных форм рельефа описаны и проанализированы на примере различных районов, как в пределах горных стран, так и равнин [1–6]. Широко известна важнейшая роль неотектоники в формировании строения речных долин, рисунка эрозионной сети, в распределении областей денудации и аккумуляции. Для многих отдельных регионов, в пределах которых достаточно ярко проявляется связь экзогенных процессов и новейших тектонических движений, установлено, что повышенные величины новейших поднятий или градиентов движений выражаются в повышении интенсивности эрозионного расчленения, усиленном развитии оползневых, эоловых и других процессов [7–10 и др.]. Показано влияние новейших разломов на развитие оползней, карста, глубину эрозионно-активного слоя [11–13 и др.]. Вместе с тем, многое в этой проблеме не вполне ясно, например, проявляются ли эти закономерности повсеместно, зависят ли они от возраста рельефа, предыстории его развития, насколько велика степень влияния новейших движений на те или иные процессы и т.д.

Постановка задачи и методика

Целью настоящей работы являлось выяснение закономерностей связи неотектонических движений с некоторыми типами экзогенных процессов на территории Восточно-Европейской платформы (в пределах бывшего СССР). Эта территория, хотя и развивается в едином тектоническом режиме – платформенном, достаточно дифференцирована по особенностям рельефа и новейших движений. Мы попытались количественно оценить степень влияния этих движений на экзоморфогенез как в целом для всей равнины, так и для ее отдельных частей. Имеющиеся в распоряжении авторов достаточно подробные данные по глубине и густоте эрозионного расчленения (в м и км/км²), интенсивности развития карстовых и оползневых форм (в баллах) [14] по ячейкам 20' × 30' градусной сети для всей территории равнины (4420 точек) обусловили выбор для анализа именно этих показателей экзоморфогенеза. Кроме глубины и густоты расчленения использовался также показатель общей интенсивности расчленения, численно равный произведению глубины на густоту. Данные об амплитудах неотектонических движений (НТ) взяты с Карты неотектоники Северной Евразии в м-бе 1 : 5000000 [15]. Вопросы, связанные с ролью разломов, в данной работе не рассматривались.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 98-05-64359).

Здесь необходимо отметить, что подобное исследование поневоле содержит в себе ряд уязвимых в методическом отношении моментов. Во-первых, при рассмотрении достаточно большой территории нам приходится использовать не прямые данные об интенсивности процессов, а косвенные – о распространенности соответствующих экзогенных форм рельефа. Во-вторых, мы вынуждены сопоставлять явления, относящиеся к разным временным интервалам – неоген-четвертичные тектонические движения и формирование значительно более молодых, преимущественно плейстоценовых и голоценовых морфоскульптур. Поэтому полученные оценки справедливы лишь в той мере, в какой тектонические движения этих последних стадий новейшего этапа сохраняют преемственность по отношению к его предшествующим стадиям, а крупные формы рельефа, морфоструктуры, остаются прямыми по отношению к новейшей тектонической структуре, отраженной на карте. Но для большей части территории такая преемственность сохраняется, а некоторые особые случаи оговорены ниже. Наконец, следует также отметить значительную усредненность исходных данных – площадь ячейки составляет в среднем 1000 км², что позволяет зафиксировать только довольно общие, региональные, особенности изучаемых явлений.

Для характеристики тесноты связи между изучаемыми параметрами и ее пространственных особенностей применялся корреляционный анализ. Значения коэффициентов корреляции вычислялись для различных подобластей Восточно-Европейской платформы; кроме того, для характеристики пространственной изменчивости связи, применялся метод вычисления коэффициента корреляции в скользящем окне [16]. С формальной точки зрения для выборок, не имеющих нормального распределения, а именно такими в большинстве случаев и являются наши данные, предпочтительнее использование коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s). Однако значительные объемы этих выборок (сотни и тысячи точек) делают допустимым использование и обычного коэффициента корреляции Пирсона (r). В ряде случаев мы приводим оба эти коэффициента, и можно убедиться, что различия между ними, как правило, не слишком велики.

Следует учитывать также, что точность исходных данных невысока: ряд характеристик дан в баллах, но и другие величины нельзя рассматривать, как имеющие строгую меру точности. В этих условиях и вопрос о точности коэффициентов корреляции теряет свою остроту. Хотя мы и принимали во внимание лишь те значения коэффициентов, которые являются значимыми с 95%-й вероятностью, мы, тем не менее, старались ограничиваться их качественной интерпретацией. Отметим, наконец, что на карте неотектоники не отражено возможное изменение уровня океана с начала неотектонического этапа, что, вероятно, искажает истинную картину новейших деформаций [17]. Однако сдвиг нуля карты, связанный с учетом изменения уровня океана, не может повлиять на особенности связей, так как коэффициент корреляции не зависит от средних величин параметров.

Обсуждение результатов

Вся платформа в целом и ее крупные части. Коэффициенты корреляции между амплитудами неотектонических движений и названными выше характеристиками экзогенных процессов для всей платформы в целом приведены в табл. 1. Как и следовало ожидать, эта корреляция положительна, т.е. в областях с большими амплитудами поднятий интенсивность экзоморфогенеза увеличена. В наибольшей степени это проявляется для глубины расчленения. Если учесть, что доля дисперсии зависимой переменной (в нашем случае каждый из показателей экзогенных процессов можно рассматривать как такую переменную), обусловленная влиянием независимой переменной (НТ) выражается квадратом коэффициента корреляции², то можно заключить, что для всей территории в целом неотектоника определяет лишь незначительную

² Эта величина, r^2 (или r_s^2), называется коэффициентом детерминации.

Таблица 1

Корреляция интенсивности экзогенных процессов с амплитудами неотектонических движений

Коэффициенты	С глубиной эрозионного расчленения			С плотностью эрозионного расчленения			С общей интенсивностью эрозионного расчленения			С интенсивностью оползней			С интенсивностью карста		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
r	0,44	0,43	0,67	0,30	0,29	0,47	0,39	0,37	0,65	0,21	0,26	–	0,13	0,17	–
r_s	0,59	0,58	0,68	0,30	0,28	0,47	0,54	0,53	0,68	0,31	0,40	–	0,18	0,23	–
r_s^2	0,35	0,34	0,45	0,09	0,08	0,23	0,29	0,28	0,45	0,10	0,16	–	0,03	0,05	–

Примечание: I – Вся территория, N (кол-во ячеек) = 4420; II – Русская равнина, $N = 4044$; III – Балтийский щит, $N = 376$.

Таблица 2

Корреляция интенсивности экзогенных процессов с амплитудами неотектонических движений для различных частей Русской равнины

Коэффициенты	С глубиной эрозионного расчленения				С плотностью эрозионного расчленения				С общей интенсивностью эрозионного расчленения				С интенсивностью оползней				С интенсивностью карста			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
r	0,23	0,56	0,52	0,37	0,04*	–0,04*	0,56	0,39	0,16	0,39	0,45	0,34	–0,02*	0,24	0,30	0,11	0,22	0,21	0,24	0,22
r_s	0,19	0,44	0,62	0,44	–0,11	–0,04*	0,62	0,44	0,05*	0,30	0,66	0,50	–0,16	0,33	0,41	0,22	0,31	0,16	0,35	0,32
r_p	0,16	0,54	0,40	0,33	0,03*	0,08	0,40	0,30	0,15	0,40	0,31	0,28	0,00*	0,20	0,06	0,01	0,24	0,20	0,09	0,14

Примечание: I – область Русской равнины, подвергавшаяся Валдайскому оледенению, $N = 979$; II – область Русской равнины, подвергавшаяся только Днепровскому оледенению, $N = 1474$; III – внеледниковая область, $N = 1591$; IV – внеледниковая область за пределами границы Нижнехвалынской трансгрессии, $N = 1321$; r_p – частные коэффициенты корреляции; звездочкой отмечены незначимые коэффициенты.

часть изменчивости экзогенных процессов: от 35% для глубины расчленения и 29% для интенсивности расчленения до всего лишь 3% для карста.

Эти цифры дают общую характеристику связи, но их недостаточно для описания особенностей связи в отдельных районах, различающихся по тем или иным морфоструктурным, морфоклиматическим или историко-генетическим чертам. Для выявления этих особенностей рассматривались различные части платформы. Остановимся прежде всего на таких ее крупных выделах, как геоморфологические страны Балтийский щит и Русская равнина. Они относятся к различным типам историко-генетических комплексов морфоструктур или к различным геотектурам [18].

Область унаследованных поднятий, Балтийский щит, почти лишена осадочных отложений, в связи с чем там практически отсутствуют карстовые и оползневые явления. Поэтому для данной территории корреляция неотектоники была возможна только с показателями эрозионного расчленения. Ведущая роль новейших движений в формировании современного рельефа на территории щита хорошо известна. Она находит отражение и в корреляции их амплитуд с показателями расчленения, что видно из табл. 1. Для всех трех показателей увеличение тесноты связи с НТ довольно значительно и доля изменчивости глубины и интенсивности расчленения, обусловленная влиянием неотектоники, достигает уже 45%. (Вместе с тем, эта цифра не столь уже велика и заставляет сомневаться в том, что даже в этом регионе "...глубина вреза речных долин является почти исключительно функцией новейших тектонических движений" [19, с. 59], хотя, действительно, неотектоника является здесь, по-видимому, ведущим среди множества факторов, влияющих на глубину вреза).

Известно, что на Балтийском щите заложение рек часто определяется тектоническими трещинами. Заметная связь густоты расчленения с амплитудой неотектонических поднятий ($r_s = 0,48$) возможно указывает на приуроченность трещиноватости к положительным неотектоническим формам, или, скорее, на благоприятные условия для разработки трещин речной сетью в пределах именно таких форм.

Для Русской равнины, соответствующей плите Восточно-Европейской платформы, связь показателей эрозионного расчленения с НТ практически такая же, как и для всей платформы в целом. В то же время влияние неотектоники на оползни и карст несколько возрастает по отношению со всей территорией, составляя, соответственно, 16% и 5%.

Сравнивая эти две геоморфологические страны – Балтийский щит и Русскую равнину, мы видим, что они заметно различаются по влиянию неотектонических движений на эрозионное расчленение: судя по оценкам r_s^2 , на щите оно примерно в полтора раза больше. К сожалению, сказать что-нибудь о других экзогенных процессах мы не можем из-за отсутствия данных или отсутствия самих этих процессов (как, например, оползней) на щите.

Как было показано ранее [20], сильное влияние на особенности экзоморфогенеза и на характер его связи с НТ оказывает распространение плейстоценовых оледенений. Поэтому в данной работе мы рассмотрели три отдельные зоны Русской равнины: I – северо-западную, лежащую в пределах границы валдайского ледникового покрова, II – промежуточную, лежащую между этой последней и границей максимального оледенения и III – юго-восточную, находящуюся за пределами области распространения максимального оледенения (внеледниковую). Очевидно, рельеф области, подвергавшейся валдайскому оледенению, в наибольшей степени преобразован ледником и морфоскульптура этой территории наиболее молода. Территория, подвергавшаяся только днепровскому оледенению, обладает бóльшим возрастом морфоскульптуры, а наиболее древним – внеледниковая область.

Коэффициенты корреляции, рассчитанные для этих трех зон, приведены в табл. 2 (столбцы I–III). Для большинства показателей прослеживается увеличение тесноты их связи с НТ по мере увеличения возраста поверхности. (Более четко эта закономерность проявляется в ранговых коэффициентах корреляции). Исключение составляет интенсивность карста: при переходе от области валдайского оледенения (I) к области

днепровского (II) соответствующий коэффициент корреляции уменьшается, а при переходе к внеледниковой области (III) он возрастает незначительно по сравнению с валдайским.

Однако, если учесть, что вся Прикаспийская низменность покрывалась морем в раннехвалынское время, то, возможно, эту территорию по признаку возраста поверхности следует исключить из области III. В таком случае рассматриваемые нами связи для внеледниковой области оказываются слабее, чем в первом варианте и коэффициенты корреляции несколько ближе к таковым для области II (табл. 2, столбцы IV). (Необходимость такого исключения остается, все же, дискуссионной, так как степень преобразования равнинного рельефа Прикаспия сравнительно кратковременной трансгрессией была невелика.)

В целом, эти результаты можно интерпретировать как проявление запаздывания экзогенных процессов, в первую очередь эрозионных, в их приспособлении к тектоническим условиям территории. Если считать, что во внеледниковой области эти процессы достигли некоторого равновесия с неотектоническими деформациями и рельеф здесь в этом смысле достаточно зрелый, то в областях, где он был преобразован днепровским оледенением это равновесие еще не столь полное, в районах же валдайского оледенения эрозионная сеть за время последнего развития не успела вновь прийти в соответствие с полем высот равнины, сложившимся за время неотектонического этапа. (Отметим также, что северо-западная зона характеризуется отсутствием или слабым развитием овражной эрозии и малыми значениями модуля стока взвешенных наносов [21].)

Такая интерпретация была бы вполне корректна, если бы не существовало других факторов, влияние которых на интенсивность экзоморфогенеза также может различаться в выделенных нами областях равнины. Учет их связи с рассматриваемыми показателями экзодинамики может несколько изменить вышеописанные соотношения. В первую очередь, к таким факторам можно отнести климатический фактор. Например, частные коэффициенты корреляции r_p , при вычислении которых исключено влияние таких характеристик как осадки и сток³, и которые рассчитываются на основе обычных коэффициентов корреляции Пирсона [22], приведены в табл. 2. Легко видеть, что переход от области Валдайского оледенения к области Днепровского для показателей эрозионного расчленения по-прежнему сопровождается ростом тесноты их связи с НТ, но при переходе от области Днепровского оледенения к внеледниковой корреляция несколько ослабевает. Таким образом, если учитывать влияние некоторых дополнительных показателей, вывод о запаздывании эрозионных процессов сохраняет свою силу только при сопоставлении области, подвергавшейся валдайскому оледенению и остальной части Русской равнины. В пределах внеледниковой области III влияние сильно изменчивых климатических и гидрологических показателей по-видимому превалирует над фактором возраста поверхности.

Учет названных показателей приводит к схожему результату и для оползней. Частная корреляция их интенсивности с новейшими движениями в этом случае оказывается даже более слабой, чем у карста, при том, что в области валдайского оледенения все три коэффициента дают ее отсутствие. Очевидно, что отрицательное значение r_s в этой области обусловлено как раз влиянием дополнительных, в том числе и климатического, факторов.

В то же время следует подчеркнуть, что частные коэффициенты корреляции нельзя рассматривать как более точные или "истинные" показатели связи, в отличие от обычных коэффициентов Пирсона. Во-первых, мы пока не в состоянии учесть все факторы, влияющие на исследуемый показатель, а включение любого нового может изменить значение r_p . Во-вторых, тот "управляющий" фактор, влияние которого мы

³ Данные по среднемноголетним годовым осадкам, среднемноголетним осадкам теплого периода и среднемноголетним величинам поверхностного стока получены с карт [23, 24] по такой же сетке, как и все остальные.

изучаем (в данном случае это НТ), может действовать на "управляемый" не только непосредственно, но и через свое влияние на "посторонние" факторы. Например, во внеледниковой области Русской равнины климатический фактор довольно сильно связан с НТ (множественный коэффициент корреляции ее с осадками и стоком составляет 0,48), что, по-видимому, объясняется влиянием абсолютных высот рельефа, обусловленных неотектоническими поднятиями, на количество осадков. В такой ситуации учет влияния этих показателей неизбежно снижает тесноту связи НТ с экзогенными процессами. Однако изменчивость последних, вызванная климатическим фактором, хотя бы отчасти обусловлена, в конечном счете, той же неотектоникой.

Как уже отмечалось, интенсивность карста не обнаруживает закономерного увеличения тесноты связи с амплитудами новейших движений при переходе от первой области ко второй и от второй к третьей, и этот результат нельзя считать неожиданным. Мы уже видели, что связь карста с НТ, как правило, слабее, чем связь оползневых или эрозионных процессов. Важнейшими условиями развития карста являются наличие в разрезе карстующихся пород и их тип – факторы мало зависящие от неотектонических деформаций. Тектонические поднятия, конечно, могут вывести на поверхность карстующиеся толщи, но возможность этого определяется в первую очередь строением геологического разреза. Вероятно, поэтому и влияние плейстоценовых оледенений мало сказывается на характере довольно слабой связи карста с НТ, судя как по обычным парным, так и по частным коэффициентам корреляции.

Обращает на себя внимание тот факт, что по степени связей НТ с показателями эрозионного расчленения Балтийский щит близок к внеледниковой области Русской равнины. Хотя территория щита и покрывалась плейстоценовыми ледниковыми щитами, ее структурно-литологические особенности, а также значительная контрастность и большие амплитуды новейших поднятий приводили к тому, что важнейшим фактором эрозионного расчленения здесь оставалась новейшая тектоника, как и во внеледниковой области. Следует также учитывать, что деятельность ледника в пределах щита – преимущественно экзарационная, лишь подчеркивала существовавшее расчленение и значительно отличалась от преимущественно аккумулятивной, выравнивающей, деятельности его на Русской равнине.

Пространственные особенности связей. В условиях, когда сопоставляемые параметры имеют неслучайное пространственное распределение, их связь в пределах достаточно крупных территорий может быть (и, как правило, бывает) существенно неоднородной. Это видно уже из результатов предыдущего анализа отдельных частей равнины, заметно отличающихся по характеру связи. Более подробную картину пространственных особенностей связи можно получить с помощью вычисления коэффициентов корреляции в "скользящем окне" того или иного радиуса. При этом размеры выделяемых неоднородностей будут определяться радиусом окна. Очевидно, что с данной целью можно применять различные показатели связи: r , r_s или r_p . В данной работе мы ограничились использованием обычного коэффициента корреляции как наиболее простого, что определялось также и вычислительными возможностями. Очевидно также, что для каждой пары сопоставляемых поверхностей можно получить несколько различных карт изокоррелят, соответствующих разным радиусам. Мы рассмотрим лишь некоторые из них, которые отражают достаточно характерные и существенные особенности связей.

Пространственная картина связи неотектонических деформаций и глубины расчленения (рис. 1) получена при радиусе окна 5 ячеек, что соответствует приблизительно 150 км. (В северной части территории из-за схождения меридианов, скользящее окно представляет собой овал с полуосьми 120 и 150 км.) Как видно из рисунка, прямая связь явно преобладает, однако ее интенсивность крайне неравномерна. На северо-западе равнины глубина расчленения практически не зависит от амплитуд неотектонических движений. Исключение составляют области Балтийского щита и Валдайской возвышенности, в пределах которых коэффициенты корреляции превышают, соответственно, 0,7 и 0,5. В центральных, восточных и южных частях равнины,

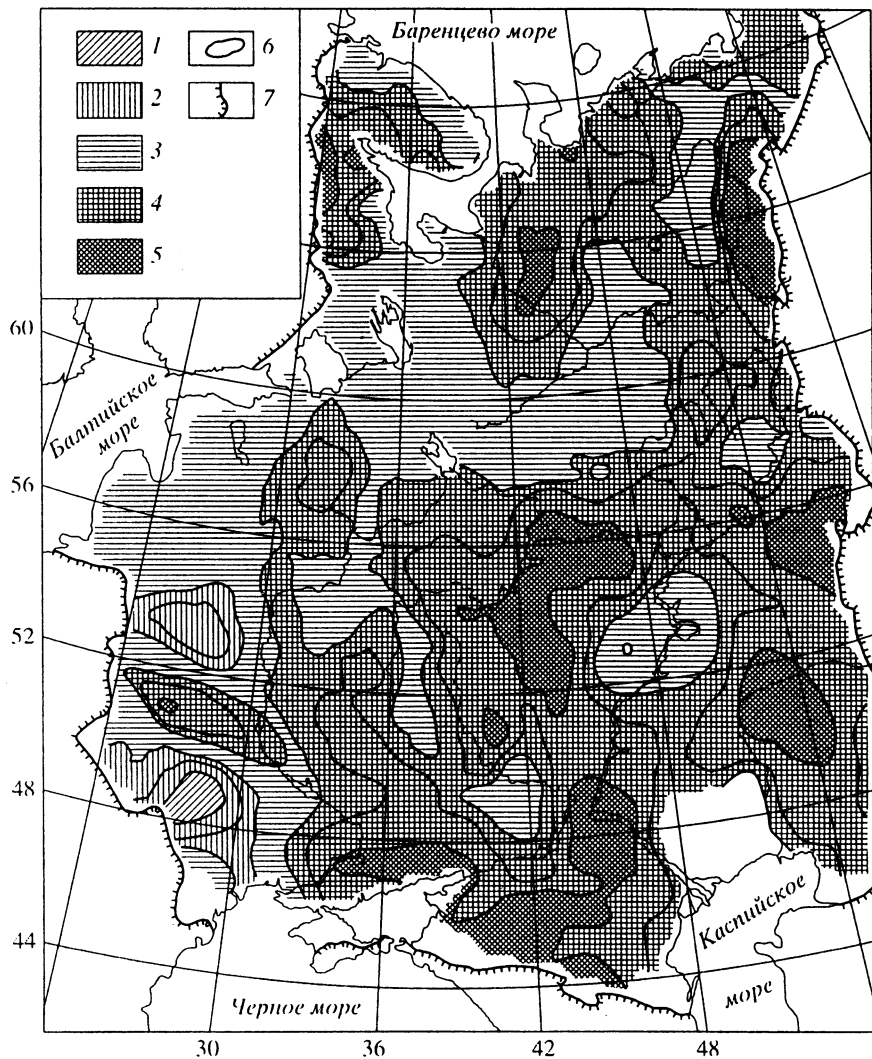


Рис. 1. Пространственная картина связи амплитуд неотектонических движений и глубины эрозионного расчленения на территории Восточно-Европейской платформы

Значения коэффициентов корреляции: 1 – $-0,9 < r < -0,7$; 2 – $-0,7 < r < -0,3$; 3 – $-3 < r < 0,3$; 4 – $0,3 < r < 0,7$; 5 – $0,7 < r < 0,9$; 6 – изокорреляты; 7 – граница рассматриваемой территории. Дополнительно проведены изокорреляты $-0,5$ и $0,5$

напротив, прослеживается довольно сильная положительная связь рассматриваемых параметров, исключение здесь составляют области отсутствия связи. Две из таких областей явно связаны с особенностями неотектонических деформаций, показанных на использованной нами карте. В этих областях наблюдается резкое несоответствие современного рельефа и неотектонической структуры. Последняя в районе Ульяновско-Саратовского Поволжья, где корреляция отсутствует (рис. 1), представлена частью крупного антиклинория С-В простирания, одна из вершин которого располагается на территории Низменного Заволжья, а в районе западной части Вольно-Подольской возвышенности, где корреляция даже отрицательна, – краевым прогибом, в пределах которого послесарматская инверсия движений привела к возникновению возвышенности [18], но не компенсировала полностью предшествующего погружения.

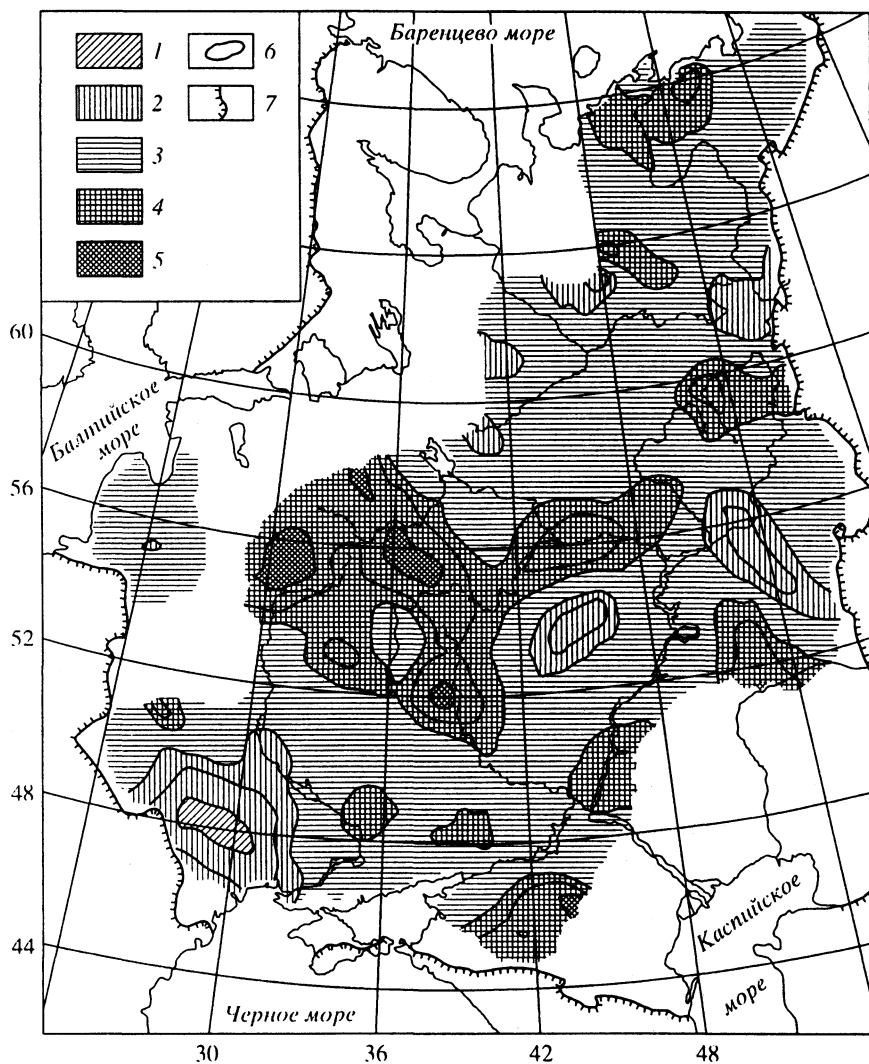


Рис. 2. Пространственная картина связи амплитуд неотектонических движений и интенсивности оползней на территории Восточно-Европейской платформы

Условные обозначения см. рис. 1

Другие области отсутствия корреляции связаны, на наш взгляд, с действием дополнительных факторов, влияющих на глубину расчленения – уже упоминавшихся оледенений, а также климатических, литологических и других условий. Например, отставание эрозионных процессов в центральных участках обширных поднятий по сравнению с их периферическими зонами приводит, по-видимому, к потере корреляции во внутренних приводораздельных частях Среднерусской и Смоленско-Московской возвышенностей – крупных неотектонических структур. Отсутствие же связи в центральной части Прикаспийской низменности обусловлено наличием обширного поля постоянных, минимальных (5 м), значений глубины расчленения, что приводит также и к невозможности вычисления коэффициента корреляции в ряде ячеек.

Наиболее сильное влияние неотектоники на глубину расчленения проявляется на южной и восточной окраинах платформы – в районах, примыкающих к альпийской и

уральской складчатых областям, а также в северо-западной части Приволжской возвышенности. Значения r лежат здесь в интервале 0,7–0,9, т.е. неотектонические деформации в этих районах более чем на 50% определяют изменчивость глубины расчленения. В других районах этот вклад значительно меньше или нулевой. Исходя из самого смысла связи, мы считаем этот вклад нулевым и в областях с отрицательными значениями r , хотя формально коэффициент детерминации в этих случаях отличен от нуля.

Отметим также, что в целом область относительно сильного влияния НТ на глубину расчленения соответствует выделенной А.П. Дедковым и В.И. Мозжериным [21] зоне повышенных модулей стока взвешенных наносов. Одним из важнейших факторов в образовании этой зоны указанные авторы считают новейшие тектонические поднятия.

Карта, отображающая пространственную картину связи НТ и интенсивности оползневых процессов, построена таким же образом, как и только что рассмотренная, и представлена на рис. 2. Хотя положительная корреляция – прямая связь – и для этого показателя преобладает, но в целом она значительно слабее, чем для глубины расчленения. Наиболее сильно положительное влияние новейших движений на развитие оползней проявляется в центральной части Русской равнины, в том числе в пределах Валдайской, Смоленско-Московской ($0,7 < r < 0,9$) и части Среднерусской возвышенностей. Отдельные зоны прямой связи фиксируются в пределах Ставропольской возвышенности, Общего Сырта ($0,5 < r < 0,7$) и в некоторых других частях равнины. Области отсутствия значений r связаны с обширными территориями нулевых значений интенсивности оползней. Что касается зон отрицательной связи, то некоторые из них так же как и в предыдущем случае обусловлены особым соотношением новейшей структуры и рельефа (Приднестровье)⁴, другие же, как, например, в районе Сухонско-Двинской и Грязовецко-Даниловской возвышенностей, или в низовьях Камы и Вятки могут отражать приуроченность оползневых районов к долинам крупных рек, совпадающим с отрицательными новейшими структурными формами. Подобная приуроченность, как и вообще довольно слабая связь НТ и оползней совершенно естественны, поскольку другие факторы – литология, климат, растительный покров, хозяйственная деятельность, а также глубина расчленения – играют весьма важную роль в развитии оползней.

Аналогичным образом получена картина связи амплитуд новейших движений и карста (рис. 3). Радиус скользящего окна в этом случае был взят равным всего полутора ячейкам, так как карст не имеет сплошного распространения и карстовые области часто невелики по размерам. На значительной части территории связь отсутствует или очень слабая: $r < 0,5$. Довольно четко положительная корреляция ($r > 0,7$) прослеживается в районах Тиманского кряжа, кряжа Чернышева, Вепсовской и Валдайской возвышенностей, на севере Прибалтики и в северной части Воыно-Подольской возвышенности, на Бугульминско-Белебеевской и в отдельных районах Приволжской возвышенностей. Но кроме областей прямой связи выделяются и области обратной, а также много мелких зон слабой связи того и другого знака. По всей вероятности, во многих случаях это случайные соответствия, неизбежно возникающие при использовании малых радиусов скользящего окна.

При сопоставлении рис. 3 с самими областями распространения карста [14], обращает на себя внимание нередкая приуроченность зон положительной корреляции не к областям наиболее интенсивного развития карста, а к краевым частям карстовых регионов. Иными словами, если в краевых зонах возникновение карста и обусловлено, до некоторой степени, восходящими новейшими движениями, то максимальная интен-

⁴ Отметим, что фиксируемая здесь отрицательная корреляция не противоречит результатам исследования оползней Молдавии, показывающим высокую обусловленность последних тектоническими деформациями [10, 25], поскольку речь в них идет о движениях послеплиоценового времени, а не всего новейшего этапа. Кроме того, эти исследования значительно более детальны: они учитывают даже такие особенности, как приуроченность оползней к границам блоков с разной скоростью движений [10].

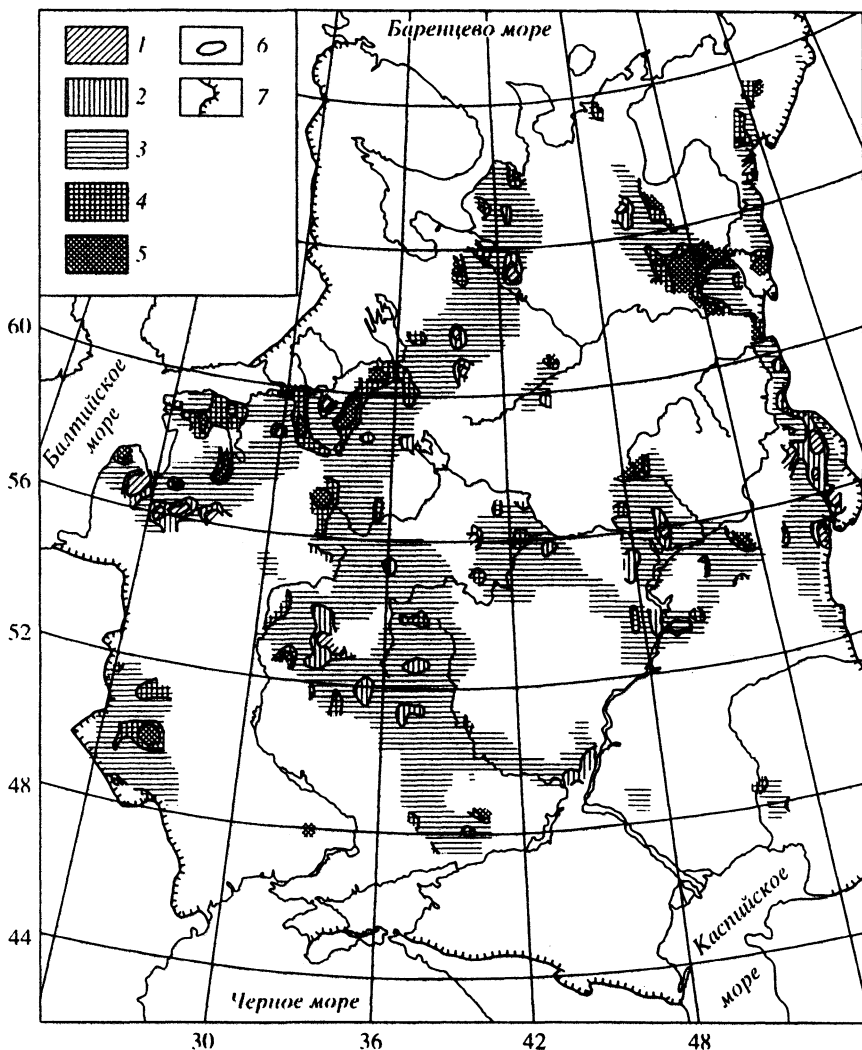


Рис. 3. Пространственная картина связи амплитуд неотектонических движений и интенсивности/карста на территории Восточно-Европейской платформы

Значения коэффициентов корреляции: 1 – $-0,9 < r < -0,7$; 2 – $-0,7 < r < -0,5$; 3 – $-0,5 < r < 0,5$; 4 – $0,5 < r < 0,7$; 5 – $0,7 < r < 0,9$; 6 – изокорреляты; 7 – граница рассматриваемой территории

сивность карстопоявлений связана не с максимумами поднятий, а с какими-то иными факторами – литологическими, гидрогеологическими, климатическими.

Добавим, что в ряде случаев схожая картина наблюдается и для оползней – если использовать малый радиус скользящего окна при построении карты изокоррелят. Максимальную интенсивность этого процесса обеспечивают глубина расчленения, литологические характеристики разреза и другие факторы, неотектоника же создает лишь общие предпосылки для его развития.

Заключение

Влияние неотектонических движений на интенсивность рассмотренных экзогенных процессов, проявляющееся в ее увеличении с ростом амплитуд поднятий, при данном масштабе исследований оказалось, в целом, не слишком велико. Наибольшую зави-

симость от новейших деформаций испытывает глубинная эрозия и введенный нами комплексный показатель интенсивности эрозионного расчленения. Значительно слабее влияние неотектоники на густоту расчленения, оползни и карст. Вместе с тем, для каждого показателя существуют области, где влияние неотектонических движений является довольно сильным, а возможно и определяющим. Для эрозионного расчленения к таким областям в первую очередь относятся территория Балтийского щита и внеледниковая зона Русской равнины, для оползней – центральные и юго-восточные районы последней, для карста – некоторые области новейших поднятий на востоке и северо-востоке равнины и ряд краевых зон крупных карстовых областей в ее центральной и западной частях.

Степень влияния неотектоники на экзоморфогенез зависит от возраста морфоскульптуры. В пределах северо-западной части равнины, испытавшей валдайское оледенение, корреляция сравнительно молодых экзогенных форм с неотектоническими движениями сильно ослаблена по сравнению с юго-восточной областью более зрелой морфоскульптуры. Действие других факторов, оказывающих влияние на интенсивность экзогенных процессов, также искажает или затушевывает влияние новейших деформаций.

Пространственная изменчивость степени и направленности связей неотектоники и экзогенных процессов, показывает, что выводы даже общего характера относительно этих связей, полученные в каком-то определенном районе, не могут считаться универсальными и быть экстраполированными на другие территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколовский И.Л. Неотектоника и развитие экзогенных процессов / Современные экзогенные процессы рельефообразования. М.: Наука, 1970. С. 55–62.
2. Костенко Н.П., Лыкошин А.Г., Попов И.В. Рельефообразующие процессы и значение их изучения в прикладных целях. Там же, с. 29–36.
3. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 491 с.
4. Морфоструктурный анализ речной сети СССР. М.: Наука, 1979. 304 с.
5. Рождественский А.П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Урала. М.: Наука, 1975. 285 с.
6. Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1984. 284 с.
7. Ференс-Сороцкий А.А. Геоморфология и новейшая тектоника острова Колгуев // Геоморфология. 1982. № 2. С. 70–78.
8. Нечипоренко Л.А., Павловский А.И. О влиянии тектонического строения на размещение эрозионной сети на территории Белоруссии // Геоморфология. 1989. № 2. С. 41–45.
9. Востряков А.В. Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1967. 355 с.
10. Шешеня Н.Л., Тихвинский И.О. Геологические и зонально-климатические особенности формирования оползней. М.: Наука, 1984. 123 с.
11. Егоров А.Я. Роль разломно-блоковой и трещинной тектоники в оползнеобразовании. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ПНИИС, 1988. 22 с.
12. Кюнтель В.В., Матвеев В.С., Селюков Е.И. Эндогеодинамические факторы развития карста и их изучение // Инженерная геология. 1992. № 1. С. 56–64.
13. Кузьмин С.Б. Оценка ширины зон активных разломов методами неотектоники и структурной геоморфологии // Геотектоника. 1998. № 1. С. 70–78.
14. Бронгулеев В. Вад., Благоевлин Н.С., Денисова Т.Б. и др. Некоторые особенности современной экзогеодинамики Русской равнины и вопросы ее картографирования // Геоморфология. 1997. № 3. С. 42–50.
15. Карта новейшей тектоники Северной Евразии в м-бе 1 : 5000000 / Под ред. А.Ф. Грачева. М.: 1997.
16. Бронгулеев В. Вад. О построении карт структурного соответствия рельефа земной поверхности и фундамента Восточно-Европейской платформы // Геоморфология. 1977. № 4. С. 44–52.
17. Борисевич Д.В. Неотектоника Восточной Европы (с учетом колебаний уровня моря в мезозое и кайнозое) // Геоморфология. 1997. № 4. С. 14–25.
18. Морфоструктура и морфоскульптура платформенных равнин. М.: Наука, 1986. 195 с.
19. Равнины Европейской части СССР. М.: Наука, 1974. 255 с.

20. Бронгулеев В. Вад., Маккавеев А.Н., Макаренко А.Г., Андреева О.Б. Эрозионное расчленение севера Европейской части России: новые данные, статистические модели // Док. РАН. 1993. Т. 333. № 6. С. 742–744.
21. Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия на равнинах Восточной Европы // Геоморфология. 1996. № 2. С. 3–9.
22. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. М.: Мир, 1982. 486 с.
23. Атлас мирового водного баланса. М.: 1974.
24. Климатический атлас СССР. М.: 1960.
25. Билинчис Г.М. Неотектонические предпосылки формирования оползней Молдавии // Геоморфология. 1990. № 2. С. 58–66.

Институт географии РАН

Поступила в редакцию
27.09.99

THE IMPACT OF NEOTECTONIC MOVEMENTS ON EXOMORPHOGENESIS AT THE RUSSIAN PLAIN

V.Vad. BRONGULEYEV, A.G. MAKARENKO

S u m m a r y

The correlation between amplitudes of neotectonic movements and exogenous processes was calculated. For the whole territory of the plain the impact (R^2) of neotectonics reaches 35% for the depth of erosion dissection, 10% – for the density of dissection and landslides intensity, 3% – for karst intensity. External factors cause strong spatial differentiation of the correlation: there are regions with zero correlation and regions where the impact of neotectonic movements is determinant ($R^2 > 80\%$) for each exogenous process. The impact of neotectonics depends on the age of morphosculpture: it grows significantly in that part of plain, which were not glaciated, and is almost negligible in the Valdai glaciation region. The maps of correlation were compiled by the use of moving-circle technique.