

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

А. И. Трегуб, Н. А. Корабельников, С. А. Трегуб, А. А. Старухин

Воронежский государственный университет

В статье рассматривается методика территориального прогноза развития экзогенных геологических процессов, основанная на комплексном использовании данных по неотектонике, особенностям разреза, гидрогеологии Липецкой области. Выделены участки возможного проявления карбонатного карста, оползней, водной эрозии.

Ключевые слова: неотектоника, Липецкая область, экзогенные процессы, территориальный прогноз.

В основу районирования территории по активности экзогенных геологических процессов (ЭГП) положено разделение ее по величине новейших вертикальных тектонических движений, обусловивших развитие рельефа. Он своим размахом (потенциальной энергией) определяет энергию современных экзогенных геологических процессов. При изучении неотектоники территории Липецкой области использовались разнообразны́е данные: по геологии новейших (неоген-четвертичных) отложений, деформациям разновозрастных поверхностей выравнивания, морфометрического и морфографического анализов, по результатам изучения полей тектонических напряжений [1, 3].

Морфометрический анализ проведен с использованием стохастических моделей рельефа, где высота земной поверхности рассматривалась как случайная величина, а ее изменения в единичной площади исследовались с помощью аппарата математической статистики [4]. Такой подход позволил оценить не только состояние существующего рельефа, но и тенденции в его развитии, а значит и общий тренд развития современных экзогенных геологических процессов.

Вторая важная сторона изучения новейшей тектоники состоит в возможности определения мощности зоны гипергенеза, а через нее — возраста и литологического состава отложений, участвующих в формировании современных литодинамических потоков территории. Литология разреза зоны гипергенеза определяет набор возможных проявлений опасных ЭГП (карбонатного карста в области распространения известняков; суффозии

в зонах распространения легко проницаемых для воды песчано-глинистых, суглинистых отложений; оползней, заболачивания — при широком развитии глинистых толщ).

Морфографические исследования были направлены на изучение разрывных нарушений. Эти нарушения представлены литогенетической трещиноватостью и тектоническими трещинами областей динамического влияния разломов фундамента в осадочном чехле [3].

Липецкая область расположена в контурах двух крупнейших неотектонических структур (первого порядка), выделенных впервые Г. И. Раскатовым [2]: Среднерусского поднятия (антеклизы) и Окско-Донской депрессии (рис. 1).

Большая, западная, часть территории Липецкой области расположена на Среднерусском поднятии. Здесь выделяются структурные элементы второго порядка: Новосильское поднятие, Трубетчинская и Кшень-Оскольская структурные террасы, Елецко-Ливенский прогиб.

Новосильское поднятие представлено юго-восточным крылом. Величина суммарных новейших тектонических движений (с учетом эвстатических изменений уровня Мирового океана) здесь в среднем составляет +140 м, увеличиваясь на локальных поднятиях до +150 и +160 м [1, 19]. Морфометрические показатели рельефа характеризуются следующими величинами. Высота вершинной поверхности колеблется в интервале 200–220 м (увеличиваясь на локальных поднятиях до 240 м и более). Показатели потенциальной энергии рельефа (при площади окон осреднения 4 км²) изменяются в среднем от 40 до 60, локально возрастающая до 80 м/км².

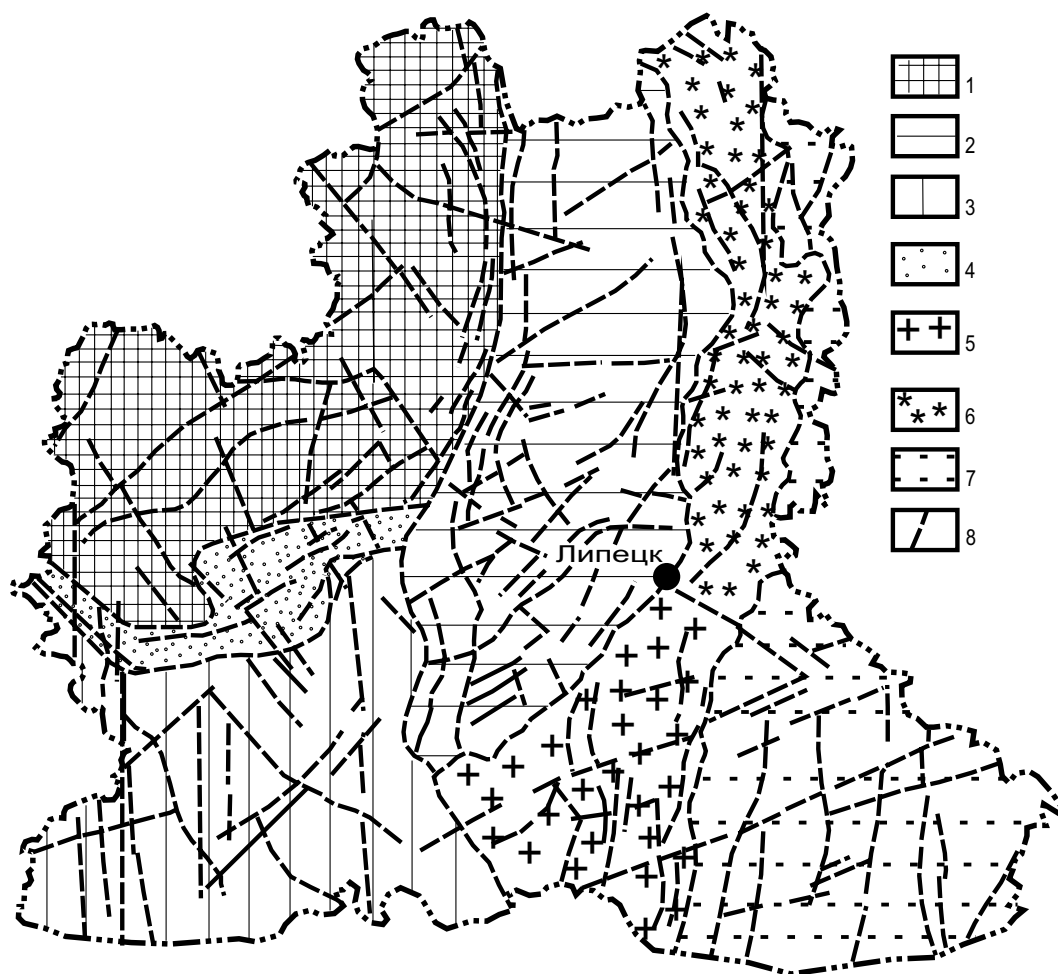


Рис. 1. Схема новейших структур Липецкой области. Условные обозначения: структурные элементы в пределах Среднерусского поднятия: 1 — Новосильское поднятие, 2 — Трубетчинская структурная терраса, 3 — Кшень-Оскольская структурная терраса, 4 — Елецко-Ливенский прогиб. Структурные элементы в пределах Окско-Донской впадины: 5 — Кривоборский прогиб, 6 — Салтыковский прогиб, 7 — Шукавкинское поднятие; 8 — осевые линии областей динамического влияния разломов фундамента

В наддолинном разрезе зоны гипергенеза в строении четвертичного комплекса принимают участие ледниковые и водно-ледниковые отложения, перекрытые лессово-почвенными образованиями. Такой разрез четвертичных отложений характерен для большей (восточной) части территории Новосильского неотектонического поднятия. В западной части отсутствует морена, водно-ледниковые супесчаные отложения сохранились лишь на самых высоких водоразделах (абсолютные высоты около 220 м). В долинном комплексе четвертичные отложения образованы преимущественно балочным аллювием (супеси, суглинки), а также аллювием малых рек (преимущественно глинистые пески).

Разрез дочетвертичных отложений в зоне гипергенеза восточной части территории сформиро-

ван тремя литологическими комплексами отложений. Нижний — представлен карбонатными породами различных горизонтов верхнего фамена. Средний — существенно глинистыми отложениями нижнего карбона, юры, неокомского надъяруса нижнего мела. Верхний — преимущественно песчаными образованиями аптского и альбского ярусов нижнего мела. В западной части территории из разреза дочетвертичных образований выпадают каменноугольные и юрские отложения, что существенно сокращает мощность среднего литологического комплекса.

Литогенетическая трещиноватость осадочного чехла характеризуется наличием нескольких систем, среди которых в восточной части территории преобладает субмеридиональная, а в западной — северо-западная. В соответствии с харак-

тером разреза зоны гипергенеза можно предполагать, что в геоморфологическом ландшафте отражаются главным образом трещины литифицированных пород (известняков, доломитов) девонского возраста.

Наиболее крупная область динамического влияния разломов (ОДВР) фундамента в осадочном чехле фиксирует юго-восточную границу Новосильского поднятия и в восточной части территории проходит в целом вдоль долины Дона. Ее ширина колеблется от 5 до 10 км. На неотектоническом этапе в кинематике ОДВР проявляется сбросовый тип инфраструктуры, фиксирующий субширотное положение оси регионального растяжения при субмеридиональной ориентировке оси сжатия. Эти параметры поля тектонических напряжений объясняют наиболее отчетливое проявление субмеридиональных литогенетических трещин, обуславливающих общую направленность возможных ориентировок карстовых форм, а в отложениях среднего комплекса преимущественное положение оползневых стенок срыва.

Южная граница структуры проходит по северному крылу Елецко-Ливенского неотектонического прогиба. Она отражает ОДВР с инфраструктурой сбросового типа с право-сдвиговой составляющей.

Потенциальные возможности активного проявления опасных экзогенных геологических процессов западной части территории юго-восточного крыла Новосильского неотектонического поднятия определяется разрезом зоны гипергенеза. В наддолинной области весьма вероятна суффозия и образование оползней отседания в комплексе с оползнями выдавливания, а также проявления покрытого карста, относящегося к наименее прогнозируемому и, вместе с тем, наиболее опасному виду. Следует обратить внимание на возможное широкое проявление по площади плоскостного смыва почв, в меньшей степени — линейной водной (овражной) эрозии.

Экзогенные геологические процессы в восточной части юго-восточного крыла Новосильского поднятия по особенностям формирования тесно связаны с особенностями разреза зоны гипергенеза. В области наддолинного рельефа (на абсолютных высотах в среднем более 180 м) в разрезе большое значение имеет морена донского горизонта, которая в глинистых разностях образует локальные водоупоры. Это является предпосылкой к образованию верхнего яруса оползней, размеры и типы которых зависят от степени обводненности

надморенных отложений. Как правило, максимум обводненности приурочен к участкам, где на морене залегают песчаные водно-ледниковые отложения.

Нижний ярус возможного образования оползней расположен в долинном комплексе и связан с выходами юрских и меловых пород. Оползни нижнего яруса должны отличаться большими размерами, но общая степень их распространения ограничивается большой глубиной эрозионного вреза. С выходами глинистых пород в днищах балок могут быть связаны процессы заболачивания (низинные болота).

Трубетчинская структурная терраса располагается к востоку от Новосильского поднятия. Суммарная величина вертикальных новейших тектонических движений в ее пределах с учетом эвстатических изменений уровня Мирового океана составляет 75 м [5], высота вершинной поверхности — в среднем 200 м. Высота базисной поверхности расположена на отметках 120–140 м. Показатели потенциальной энергии рельефа изменяются в среднем от 25 до 45, локально возрастая до 60 м/км². Показатель асимметрии распределения высот изменяется от –1 до –0,5, характеризую распределение рельефа в условиях слабых поднятий, приводящих к увеличению энергии рельефа.

В наддолинном разрезе зоны гипергенеза четвертичные отложения представлены покровными суглинками мощностью 3–5 м, которые залегают на морене донского горизонта.

Дочетвертичные отложения в северной части Трубетчинской структурной террасы в зоне гипергенеза образованы, также как в области Новосильского поднятия, тремя литологическими комплексами. Нижний (карбонатный) выходит в предчетвертичный срез только в днищах малых рек и крупных балочных долин. Средний комплекс образован существенно глинистыми породами в основном неокотского надъяруса, который местами подстилается юрскими и каменноугольными отложениями. На основной площади в наддолинном рельефе распространены аптские и альбские песчаные отложения с линзами и прослоями глин и конкреционных песчаников. Местами они перекрываются также песчаным неогеновым аллювием, вместе с которым образуют третий (верхний) комплекс пород.

Разрез дочетвертичных образований в южной части территории отличается широким по площади развитием песчаных отложений верхнего миоцена в третьем литологическом комплексе.

Разрывные нарушения в ранге литогенетической трещиноватости примерно в равной степени представлены двумя системами: северо-западной и северо-восточной. В северной части структурной террасы отмечается заметное увеличение и доли субширотных трещин.

Среди наиболее крупных ОДВР явно преобладают сбросы с юго-восточным падением сместителей. Местами сбросовая кинематика сопряжена со сдвиговой. Региональное поле тектонических напряжений характеризуется устойчивой северо-восточной ориентировкой оси горизонтального сжатия.

Экзогенные геологические процессы в пределах наддолинной части территории Трубетчинской террасы по своему возможному набору мало отличаются от набора процессов, формирующихся в пределах восточной части юго-восточного крыла Новосильского неотектонического поднятия. Отличия состоят в больших запасах потенциальной энергии территории Новосильского поднятия. Это обуславливает большую интенсивность возможного развития процессов водной эрозии, карста, суффозии. Наоборот, возможные процессы подтопления и заболачивания в большей степени могут быть приурочены к территории Трубетчинской террасы, где этому способствует меньшее вертикальное расчленение поверхности, увеличенная мощность моренных отложений.

В долинном комплексе наиболее важными процессами являются карстовые и суффозионные проявления в самых разнообразных их формах.

Кшень-Оскольская структурная терраса на территории Липецкой области представлена своим северо-восточным окончанием. Суммарная величина вертикальных новейших тектонических движений в ее пределах с учетом эвстатических изменений уровня Мирового океана изменяется от 80 до 100 м [5]. Морфометрические показатели рельефа характеризуются следующими величинами. Высота вершинной поверхности в среднем составляет 200 м, а базисной — 160 м. Показатели потенциальной энергии рельефа (при площади окон осреднения 4 км²) изменяются в среднем от 35 до 40, локально возрастая до 60 м/км². Асимметрия распределения высот характеризуется коэффициентом от -0,5 до -1,0, свойственным режиму увеличивающегося расчленения территории в условиях слабых поднятий.

По строению разреза четвертичных отложений выделяются восточная и западная части территории. Западная часть расположена во внеледниковой

области, поэтому на водоразделах здесь разрез имеет простое строение и образован толщей покровных суглинков и лессовидных образований широкого возрастного диапазона. В восточной части территории под чехлом покровных суглинков залегают неоднородные ледниковые плотные глины и суглинки — морена донского горизонта. Местами морена перекрыта водно-ледниковыми песчаными отложениями стадии отступления Донского ледника.

В долинном комплексе распространен аллювий поймы и четырех надпойменных террас, сложенный преимущественно песчаными отложениями небольшой (1–3 м) мощности.

Дочетвертичные образования разреза зоны гипергенеза в восточной части территории представлены тремя литологическими комплексами. Нижний — представлен известняками верхнего девона. Средний — сформирован неокомскими существенно глинистыми отложениями, а верхний — песками апта, альба. В западной части территории разрез верхнего комплекса дополняется песчаными и песчано-карбонатными отложениями верхнего мела (сеноман — сантон), а также полтавскими песками и глинами олигоцена — нижнего миоцена, которые распространены на самых высоких водоразделах. В долинах здесь отмечаются аллювиальные отложения верхнего плиоцена, представленные в основном песками.

Литогенетическая трещиноватость характеризуется преимущественным распространением двух систем: северо-западной и северо-восточной. В поле тектонических напряжений отмечается преобладание меридионального направления оси горизонтального сжатия [10, 15, 17].

ОДВР представлены зонами повышенной трещиноватости с параметрами неявно выраженного сбросового типа и с неясной кинематикой. Ширина зон колеблется в пределах от 1 до 2 км. ОДВР образованы над относительно мелкими разломами в докембрийском фундаменте.

Экзогенные геологические процессы в наддолинном рельефе могут быть представлены для восточной части территории суффозионно-просадочными явлениями и верховым заболачиванием. В западной (внеледниковой) части территории более вероятны карстово-суффозионные процессы в форме покрытого карста.

В днищах долин весьма вероятно развитие карста открытого типа в поверхностной форме.

Елецко-Ливенский прогиб в пределах Липецкой области окаймляет с юга Новосильское

поднятие. Суммарная величина вертикальных новейших тектонических движений в его пределах с учетом эвстатических изменений уровня Мирового океана изменяется от +50 до +75 м. Морфометрические показатели рельефа характеризуются следующими величинами. Высота вершинной поверхности в среднем составляет 170 м. Высота базисной поверхности 130 м. Показатели потенциальной энергии рельефа (при площади окон осреднения 4 км²) изменяются от 35 до 55, локально возрастая до 75 м/км². Асимметрия распределения высот характеризуется большой изменчивостью по площади и колеблется от -0,5 (расчленение в условиях слабых поднятий) до +1 (выравнивание в условиях устойчивого погружения).

В наддолинном разрезе зоны гипергенеза в четвертичном комплексе принимают участие ледниковые и водно-ледниковые отложения, перекрытые лессово-почвенными образованиями. В долине р. Сосны, а также в ее крупных притоках широко развиты четыре надпойменные террасы и поймы, сформированные песчаными, суглинистыми отложениями.

Среди дочетвертичных пород важнейшее значение приобретают породы нижнего (карбонатного) комплекса различных горизонтов верхнего фанена. Преобладающая ориентировка оси горизонтального сжатия в региональном поле тектонических напряжений — субмеридиональная.

Прогиб сформировался над крупной Рыльско-Елецкой зоной разломов в кристаллическом фундаменте. На неотектоническом этапе эта зона развивается в условиях растяжения с лево-сдвиговой составляющей.

Экзогенные геологические процессы в наддолинном рельефе наиболее вероятны в варианте открытого карста в поверхностной, глубинной и провальной формах. Карст может дополняться суффозией. Поверхностные формы открытого карста могут развиваться на склонах долин, а в их днищах весьма возможно интенсивное формирование провального карста, сопровождающееся низким заболачиванием территории.

На территорию Липецкой области входит небольшая **западная часть Окско-Донской депрессии**, располагающаяся по левобережью Воронежа. В области Окско-Донской депрессии установлены: Салтыковский и Кривоборский прогибы, а также Шукавкинское поднятие.

Суммарная величина вертикальных новейших тектонических движений в **Салтыковском и Кривоборском прогибах** с учетом эвстатических из-

менений уровня Мирового океана не выходит за пределы 0 м. Морфометрические показатели рельефа характеризуются следующими величинами. Высота вершинной поверхности в среднем составляет 200 м. Показатели потенциальной энергии рельефа (при площади окон осреднения 4 км²) изменяются в среднем от 40 до 60, локально возрастая до 80 м/км². В разрезе зоны гипергенеза в четвертичном комплексе принимают участие аллювиальные отложения широкого возрастного диапазона (эоплейстоцена, неоплейстоцена и голоцена), водно-ледниковые отложения донского горизонта нижнего неоплейстоцена.

Дочетвертичные отложения формируют вместе с четвертичными образованиями единый литологический песчаный комплекс. В зоне гипергенеза они представлены плиоценовым аллювием, залегающим на размытой поверхности девонских известняков.

Литогенетическая трещиноватость на площади прогибов характеризуется некоторым преобладанием систем северо-восточного простирания, совпадающего с общей ориентировкой осей прогибов.

Современные экзогенные геологические процессы практически целиком обусловлены расположением территории в контурах отрицательной новейшей структуры. Главное значение здесь имеют процессы подтопления и заболачивания.

Шукавкинское поднятие на территории Липецкой области представлено частью северо-западного крыла. Суммарная величина вертикальных новейших тектонических движений в его пределах с учетом эвстатических изменений уровня Мирового океана изменяется от 0 до +25 м [5]. Морфометрические показатели рельефа характеризуются следующими величинами. Высота вершинной поверхности в среднем составляет 160 м, а базисной 110 м. Показатели потенциальной энергии рельефа (при площади окон осреднения 4 км²) в восточной части территории обычно не превышают 5 м на км², а в западной — 15 м на км², локально возрастая до 35 м на км². Показатель асимметрии распределения высот в восточной части в среднем равен 0, а в западной — -0,5. Такие соотношения свидетельствуют о различии в динамике морфогенеза западной и восточной частей территории. Для первой — характерны условия слабо возрастающего вертикального расчленения, для второй — динамического равновесия с тенденцией к выравниванию рельефа в условиях повышающегося базиса эрозии.

В разрезе зоны гипергенеза восточной части территории четвертичные отложения представлены глинисто-песчаными флювиогляциальными и лимногляциальными отложениями, залегающими на донской морене и перекрывающиеся покровными суглинками. В восточной части распространены озерно-ледниковые, аллювиально-озерные отложения. В речных и балочных долинах распространены аллювий четырех надпойменных террас.

Разрез дочетвертичных отложений образован в основном песками и глинами усманской серии плиоцена.

Важнейшими прогнозируемыми экзогенными геологическими процессами территории являются различные виды ее заболачивания, а также суффозионно-просадочные явления. Эти процессы примерно в равной степени могут поражать как водоразделы, так и долины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Трегуб А. И.* Экзогенные геодинамические процессы: оценка, прогноз, мониторинг, (на примере Воронежской области) / А. И. Трегуб, Б. В. Глушков, Н. А. Корабельников, Ю. А. Устименко. — Воронеж, 1999. — 99 с.
2. *Раскатов Г. И.* Прогнозирование тектонических структур фундамента и чехла древних платформ и форм погребенного рельефа средствами геолого-геоморфологического анализа (на примере Воронежской антеклизы) / Г. И. Раскатов. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1972. — 108 с.
3. *Трегуб А. И.* Неотектоника территории Воронежского кристаллического массива / А. И. Трегуб. — Воронеж, 2002. — 220 с.
4. *Трегуб А. И.* Морфометрия современной поверхности и неотектоническая структура территории ВКМ / А. И. Трегуб, О. В. Жаворонкин // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геологич. — № 9. — 2000. — С. 19–26.
5. *Борисевич Д. В.* Неотектоника Восточной Европы (с учетом колебаний уровня моря в мезозое и кайнозое) / Д. В. Борисевич // Геоморфология. — 1997. — № 1. — С. 14–34.