

РЕГИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ)

© 2020 г. В. Н. Бевз^{a, *}, А. С. Горбунов^{a, **}, В. А. Караваев^{b, ***}

^a Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

^b Институт географии РАН, Москва, Россия

*E-mail: snark61@mail.ru

**E-mail: gorbunov.ol@mail.ru

***E-mail: karavaev@igras.ru

Поступила в редакцию 16.02.2020 г.

После доработки 27.02.2020 г.

Принята к публикации 01.03.2020 г.

На примере Воронежской области рассматриваются методические аспекты анализа оползневой опасности, включающего в себя идентификацию, картографирование и типологию оползней, выявление условий развития оползневых процессов, а также определение общих характеристик их опасности. Для региона выделены и закартографированы более 1700 оползней, составлена специализированная геоинформационная система. Ее совместное использование с цифровой моделью рельефа позволило определить общие закономерности пространственного распространения форм рельефа, уточнить ряд параметров их морфометрии и территориальной организации. Акцентируется внимание на поэтапном подходе к оценке оползневой опасности и выделению генетических типов оползней, отличающихся в структурном, функциональном и динамическом отношениях. Составлена карта уровней оползневой опасности ландшафтов Воронежской области, основанная на сопряженном анализе плотности оползневых форм рельефа и распространении склоновых геосистем. Она позволила выделить регионы с низкой, средней и высокой степенью оползневой опасности.

Ключевые слова: оползневые процессы, генетические типы оползней, геоэкологическое картографирование, оценка оползневой опасности

DOI: 10.31857/S0869607120010024

ВВЕДЕНИЕ

Многие экзогенные процессы (эрозионные, карстовые, оползневые, суффозионные и др.) негативно воздействуют на природную среду и приносят значительный экономический, социальный и экологический ущерб. Представленное исследование посвящено оползням Воронежской области. Актуальность регионального анализа оползневой опасности обусловлена необходимостью получения научно обоснованной информации, которая в последующем может быть использована для целей территориального планирования: разработки мероприятий по снижению вероятности развития оползневых процессов, проведения государственной экологической экспертизы при утверждении технико-экономического обоснования проектов, формирования программ развития регионов различного уровня.

ТЕРРИТОРИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение оползневых процессов и явлений на территории Воронежской области было начато еще в конце XIX века И.Ф. Леваковским [6] и В. Масальским [7]. В дальнейшем анализ оползней был продолжен В.Д. Ласкаревым [5], А.А. Дубянским [4], К.С. Оводовым [8], Г.И. Раскатовым [11], В.Н. Бевзом [1], А.И. Трегубом, Н.А. Корабельниковым, Б.В. Глушковым [12] и другими.

Территория Воронежской области геоморфологически неоднородна и включает в себя пластово-денудационные Среднерусскую и Калачскую возвышенности, а также пластово-аккумулятивную Окско-Донскую низменную равнину, отличающиеся спецификой природных условий образования оползневых комплексов.

Среднерусская и Калачская возвышенности располагаются в пределах крупной неотектонической структуры штампового типа – Среднерусского поднятия, включающего более мелкие поднятия: Касторенское, Шаталовское, Острогжское, Калачское и др. Для возвышенностей характерно наличие эпицентров землетрясений (5-балльные землетрясения 1825 и 1832 гг. вблизи г. Павловска, инструментально зафиксированное в 2000 г. “Никольское” землетрясение и др.), в основном приуроченных к восточному ограничению Лосевской шовной зоны и отрицательным аномалиям градиента силы тяжести, в пределах которых наблюдается разуплотнение горных пород. Формированию оползней также способствует широкое распространение глубоковершинных (до 25–50 м) овражно-балочных систем, относящихся к 4-му этапу эрозионно-аккумулятивного цикла, и наличие обводненных глин верхнего девона, киевского яруса палеогена, моренных глин и суглинков, выступающих в качестве основных деформирующихся горизонтов.

Окско-Донская низменность – территория преобладающих неотектонических опусканий и слабой денудации. На их фоне выделяются неотектонические поднятия (Щукавкинское, Рождественское и др.), в пределах которых существенна роль эрозии. Характерна низкая степень вертикального и горизонтального расчленения, простота строения зоны морфогенеза. В основном деформируются моренные глины, служащие водоупором, и суглинки.

При некоторых территориальных различиях температурного режима и количества атмосферных осадков коэффициент увлажнения на территории Воронежской области близок к 1, что способствует активному протеканию всех физико-географических процессов, в том числе оползневых. Устойчивость к ним склонов изменяется по сезонам.

В качестве основных методов исследования были выбраны:

- классификационный метод, в основу которого положен учет способа происхождения оползней, что позволило выделить доминирующие в пределах региона типы;
- метод полевой диагностики оползневых комплексов, основанный на их идентификации с использованием качественных и количественных признаков;
- методы геоинформационного картографирования и моделирования, положенные в основу создания карт распространения оползней;
- метод сопряженного анализа, позволивший совместить результаты картографирования оползневой ситуации с характеристиками рельефа дневной поверхности (крутизна, экспозиция, форма склонов, перепады высот и др.), следствием чего стало выявление типов природной среды, благоприятствующих развитию оползней.

ЭТАПЫ АНАЛИЗА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ

Сущность оползневой опасности заключается в возможности возникновения обстоятельств, при которых оползневые процессы и явления способны наносить вред здоровью человека, ущерб природной среде и социально-экономической инфраструктуре. Анализ оползневой опасности понимается как многоступенчатый процесс, включающий идентификацию опасности, ее характеристику, оценку опасности, т.е.

вероятности проявления оползневых процессов. В настоящее время данный алгоритм продолжает разрабатываться [3, 9, 13]. Поэтому процедура исследований на каждом из перечисленных ниже этапов представляет собой самостоятельную проблему, требующую конкретизации и уточнения.

Этап выявления, картографирования оползней и создания геоинформационной системы

На территории Воронежской области выявлено 1704 оползня, что позволило создать картографическую модель их распространения (рис. 1). Она послужила основой специализированной геоинформационной системы, которая в дальнейшем может и должна пополняться данными многолетнего мониторинга, использоваться для моделирования оползневой опасности и рисков, создания соответствующих прогнозов. Учет и картографирование оползней дают возможность определить масштабы проявления данного явления. Общая площадь выявленных и зафиксированных на карте оползневых комплексов составляет в настоящее время свыше 62 км² (0.12% от общей площади области). При этом оползни имеют различные площади (от 0.7 до 49.6 га) и интенсивность проявления, вплоть до катастрофических оползней-обвалов (Сторожевской, Белогорский). Проведенная на региональном уровне инвентаризация служит предварительной оценкой характеристик опасностей.

Одним из ключевых в алгоритме анализа оползневой опасности является *этап типологии оползней*. Как и предыдущий этап, он служит для предварительной оценки оползневой опасности посредством изучения структуры оползней различного типа. Для этих целей целесообразно использование классификации по генетическому признаку, т.е. ведущему фактору образования оползней [1]. Выделение гидрогеологических, сейсмогенных, гидрогенных, климатогенных и полигенных оползней позволяет применять индивидуальный подход для установления опасности и риска проявления той или иной их категории, управления оползнями, а также противооползневой организации территории; распознавать каждый из генетических типов оползней в соответствии со спецификой их морфологической структуры, функционирования и динамики. Так, оползни *гидрогеологического типа* образуются при увеличении гидростатического и гидродинамического давления, связанного с изменением уровня грунтовых вод, вызванного увеличением количества атмосферных осадков, быстрым снеготаянием, подпорными явлениями прудов и водохранилищ, а также пополнением запасов грунтовых вод в результате хозяйственной деятельности. Как правило, это движущиеся (активные), детрузивные оползни цирковидной формы, захватывающие не смещавшиеся ранее породы. Сложный микрорельеф приводит к дифференциации условий увлажнения на оползневом теле и формированию мозаичного почвенно-растительного покрова. В их морфологической структуре значительная роль принадлежит гидроморфным комплексам, в том числе “висячим” болотам. Для гидрогеологических оползней также характерны длительный (десятки и сотни лет) эволюционный путь развития, многократно повторяющиеся циклы, четкая ритмичность процесса. Оползни активизируются в весенний период во время снеготаяния, а также осенью, что связано с колебанием уровня грунтовых вод после затяжных дождей. При подмыве основания склонов постоянными или временными водотоками, а также абразии берегов водохранилищ формируются оползни *гидрогенного типа*. Их морфологическая структура складывается в условиях тесного взаимодействия склоновой и флювиальной геосистем. Это деляпсивные, приуроченные к нижней части склонов оползни, которые отличаются фронтальной формой. Такая форма связана с горизонтальным перемещением базиса эрозии; значительной по крутизне (до 90°) и высоте (до 30–40 м) стенкой срыва; ступенчатым характером тела оползня, высоким динамизмом, обусловленным деятельностью водного потока, размывающего и уносящего оползневые массы. Именно гидрогеологические и гидрогенные оползни, представляющие наибольшую

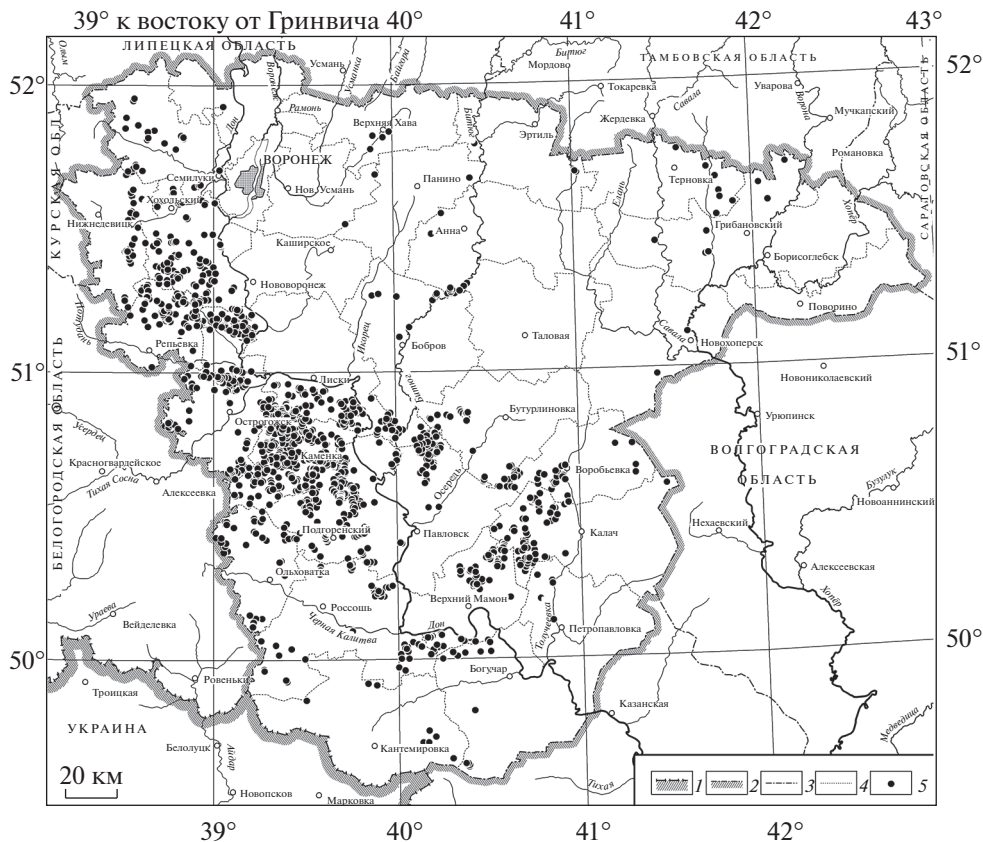


Рис. 1. Распространение оползней на территории Воронежской области: 1 – границы Российской Федерации; 2 – границы Воронежской области; 3 – границы административных областей; 4 – границы муниципальных районов; 5 – оползневые формы рельефа.

Fig. 1. The spread of landslides in the Voronezh region: 1 – borders of the Russian Federation; 2 – borders of the Voronezh region; 3 – borders of the administrative regions; 4 – borders of the municipal regions; 5 – landslide landforms.

опасность в силу широкого распространения, значительных для равнинных территорий масштабов, повторяемости и продолжительности проявления процесса, нашли, в основном, отражение на рис. 1. Сейсмогенные оползни представлены единично, а климатогенные, в силу своей специфики, как правило, не представляют значительной опасности для природно-хозяйственных территориальных систем.

Этап определения общих характеристик оползневой опасности

К таким характеристикам, прежде всего, следует отнести закономерности пространственного распространения оползней. Проведенный анализ свидетельствует о том, что оползни расположены неравномерно. Подавляющая их часть закономерно приурочена к Среднерусской возвышенности (1294 оползня общей площадью 44.7 км²), на Калачской возвышенности выявлено 354 оползня (17.1 км²), значительно меньшее количество относится к территории Окско-Донской низменной равнины (56 оползней,

1.9 км²). При этом характерно формирование отдельных оползневых очагов в пределах междуречных пространств, где современная овражно-балочная сеть вскрывает сохранившиеся от размыва основные деформирующиеся горизонты на подмываемых склонах с благоприятными гидрогеологическими условиями. Такая ситуация сложилась в Острогжском, Подгоренском, Лискинском и Каменском районах области, где площадь пораженности оползнями колеблется от 670 до 1050 га. Также обращает на себя внимание зональный характер распространения оползневых явлений. В отличие от лесостепной зоны, в степной зоне их проявления единичны. Показательно в этом отношении сравнение территорий южной лесостепи и северной степи в границах Воронежской области. Доля оползневых форм рельефа в южной лесостепи в 117 раз выше, чем в степной зоне! Представляется, что зональные факторы в виде уменьшения количества атмосферных осадков, роста суммы активных температур и, в конечном счете, снижения гидротермического коэффициента в степной зоне оказывают влияние на характер увлажнения почвогрунтов, гидрогеологические условия, но не являются определяющими для развития оползневых процессов. Значительное снижение активности их здесь обусловлено в первую очередь историей формирования ландшафтов (степные районы расположены во внеледниковой части Русской равнины) и спецификой геолого-геоморфологических условий данной территории, препятствующих развитию оползневых форм рельефа: хорошей дренированностью водораздельных пространств, отсутствием моренных глинистых отложений, экранирующим эффектом палеогеновых песчаников и т.д. Наряду с пространственными закономерностями распространения оползней общие характеристики оползневой опасности должны учитывать закономерности временного проявления оползневых процессов и оценку их вероятных последствий.

Этап комплексного анализа условий развития оползневых процессов

От их всесторонней и точной оценки зависит объективность конечного результата исследований. Установлено, что на формирование оползневых форм рельефа влияют современные тектонические движения, сейсмическая активность, литологический состав горных пород, геоморфологические, гидрологические и гидрогеологические особенности, почвенно-растительные условия, специфика хозяйственной деятельности [10]. В совокупности эти условия формируют региональные *типы природной среды* с низкой устойчивостью и динамической нестабильностью склоновых геосистем. Под типом природной среды в данном случае понимается отличающаяся некоторыми характерными чертами совокупность природных условий (абиотических, биотических, социально-экономических), в которых происходит формирование оползней.

Анализ “классических” факторов образования оползней может быть подкреплен количественными (морфометрическими) показателями склоновых ландшафтов, полученных на основе анализа цифровой модели рельефа Воронежской области. Так, распределение оползней на юге Среднерусской возвышенности по отдельным высотным ступеням отличается неравномерностью. Подавляющее их количество (82.2% площади всех оползней) приурочено к абсолютным высотам 172–204 м, при этом 26.5% располагаются в метровом интервале высот 179–180 м. На Калачской возвышенности диапазон высот еще уже: более 50% оползней входит в десятиметровый интервал 171–181 м и 40% – в метровый интервал 179–180 м. Показательно относительное высотное положение оползней над тальвегами и руслами рек: на Среднерусской возвышенности 66.7% оползней располагаются на относительных высотах от 20 до 45 м, на Окско-Донской равнине 71.6% на высотах от 2 до 13 м. Наглядно проявляется и экспозиционная зависимость оползневых форм рельефа. Проведенные исследования показали, что площадь оползней на склонах южных экспозиций в 2.6 раза больше, чем на северных склонах. Можно предположить, что это связано с широким распростране-

нием структурных склонов южной экспозиции с благоприятными гидрогеологическими условиями и их меньшей облесенностью.

Этап картографирования и оценки оползневой опасности на региональном уровне предусматривает решение двух задач: во-первых, выявление регионов, в различной степени подверженных развитию оползневых процессов, и, во-вторых, определение для них качественных и количественных параметров типа природной среды. Для решения первой задачи целесообразно использование показателя плотности оползней, рассчитанного с учетом весового значения площади каждой формы рельефа [2]. С высокой долей достоверности он может быть использован для ранжирования территорий по уровню оползневой опасности. Подобный подход, когда количественная мера (частота, плотность, площадь и др.) какого-либо явления выступает главным показателем опасности его возникновения в будущем, был наглядно продемонстрирован в разных сферах жизнедеятельности (выявление лавиноопасных районов, очагов болезней, опасных участков дорог и т.д.) и, по нашему мнению, может быть использован и в случае оползневой опасности. Экспертным путем в массиве данных были определены интервалы значений плотности, соответствующие разным уровням оползневой опасности: высокий (более 30 форм на 50 км²), средний (30–10), низкий (10–1) и очень низкий (менее 1). Результаты кластеризации были совмещены с ареалом склоновых ландшафтов и получена итоговая карта уровней оползневой опасности склонов (рис. 2).

Решение второй задачи связано с определением типов природной среды, соответствующих уровням оползневой опасности территории. В частности, высокому уровню соответствуют участки остепненных склонов южных экспозиций, протяженностью 80–90 м, крутизной 7–10°, с доминирующими абсолютными высотами 170–200 м, сложенных четвертичными и палеогеновыми песчано-глинистыми отложениями с приуроченными к ним горизонтами грунтовых вод, расположенных на 20–45 м выше местных базисов эрозии, в пределах локальных неотектонических поднятий, с преобладанием оползней гидрогеологического типа. Параметры склонов со средним уровнем оползневой опасности в целом близки рассмотренному выше типу, с той лишь разницей, что здесь ослабевает роль современных тектонических движений и начинают выклиниваться основные деформирующие горизонты. Типы среды с низким и очень низким уровнем оползневой опасности отличаются значительной пестротой ландшафтных условий, которые по той или иной причине (литологическое строение, геоморфологические и гидрогеологические условия, режим тектонических движений и др.) препятствуют формированию оползней.

Анализ карты (рис. 2), в частности, показывает, что наибольшая вероятность возникновения оползней характерна для склоновых ландшафтов междуречий Тихой Сосны и Черной Калитвы, Девицы и Ведуги, Ведуги и Тихой Сосны, Битюга и Осереда.

Совокупность условий, значимых для развития оползневых процессов, и типа природной среды, соответствующего уровню высокой оползневой опасности, представляют собой основу для построения прогнозных оползневых карт других регионов лесостепной и степной зон Русской равнины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Региональный анализ оползневой опасности разделяется на 5 этапов: выявления, картографирования оползней и создания геоинформационной системы; типологии оползней; определения общих характеристик оползневой опасности и их предварительной оценки; комплексного анализа условий развития оползневых процессов; картографирования и оценки оползневой опасности.

2. По территории Воронежской области оползни распределены неравномерно — доминируют в лесостепной зоне Среднерусской и Калачской возвышенностей. При этом выделяются отдельные очаги их распространения, приуроченные к верхним зве-

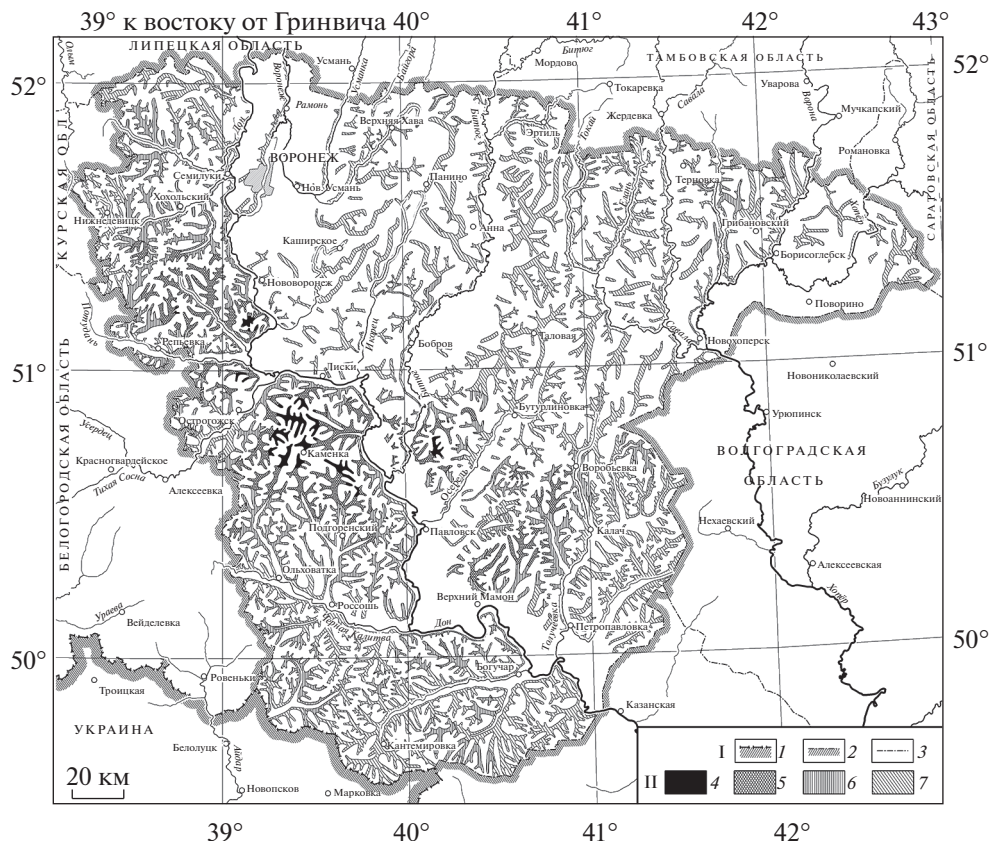


Рис. 2. Уровни оползневой опасности склоновых ландшафтов Воронежской области I – границы: 1 – Российской Федерации; 2 – Воронежской области; 3 – административных областей; 4 – муниципальных районов; II – уровни оползневой опасности: 4 – высокий; 5 – средний; 6 – низкий; 7 – очень низкий.

Fig. 2. The landslide hazard levels of the slope landscapes of the Voronezh region I – borders: 1 – of the Russian Federation; 2 – of the Voronezh region; 3 – of the administrative regions; 4 – of the municipal regions; II – landslide hazard levels: 4 – high; 5 – medium; 6 – low; 7 – very low.

ням овражно-балочной сети, выходящим на водораздельные пространства, а также коренным склонам речных долин в местах современных и давних речных подмывов.

3. На региональном уровне оценки оползневой опасности особую значимость приобретает структура генетических типов оползней. Проведенное исследование показало, что наибольшую опасность возникновения на территории области имеют оползни гидротенного и гидрогеологического типа.

4. Сопряженный анализ карты распространения оползней, цифровой модели рельефа, карт условий и факторов оползневой опасности позволил определить ряд морфометрических характеристик участков оползневой опасности.

5. На основании анализа карт плотности оползней, распространения склонов и типов природной среды составлена карта уровней оползневой опасности склоновых ландшафтов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-45-360005 р_а) и в соответствии с Государственным заданием Института географии РАН (№ 0148-2019-0005, № ЕГИСУ НИОКТР АААА-А19-119021990091-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бевз В.Н.* Особенности ландшафтно-оползневых систем среднерусской лесостепи: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Киев, 1988. 19 с.
2. *Бевз В.Н., Горбунов А.С.* Оценка опасности и риска развития оползневых ландшафтов // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития. Материалы XII Межд. ландшафтн. конф. Тюмень, 2017. Т. 2. С. 116–120.
3. *Гулакян К.А., Кюнцель В.В., Постоев Г.П.* Прогнозирование оползневых процессов. М.: Недра, 1977. 135 с.
4. *Дубянский А.А.* Гидрогеологические районы Воронежской области. Воронеж: Воронеж. обл. книжн. изд-во, 1935. 202 с.
5. *Ласкарев В.Д.* К вопросу о форме и строении склонов речных долин в Южной России. Одесса: Тип. Акц. Южно-рус. о-ва печ. дела, 1915. 12 с.
6. *Леваковский И.Ф.* Воды России по отношению к ее населению. Харьков: Ун-тская тип., 1890. 286 с.
7. *Масальский В.* Овраги черноземной полосы России, их распространение, развитие и деятельность. СПб: Тип. В. Киршбаума, 1897. 251 с.
8. *Оводов К.С.* Типы оползневых явлений Воронежской и смежных областей // Изв. Воронеж. отд. Геогр. об-ва СССР. 1957. Вып. 1. С. 67–71.
9. *Осипов В.И., Постоев Г.П., Казеев А.И.* Обоснование выбора критериев оползневой опасности в системе автоматизированного мониторинга оползневого процесса на береговых склонах р. Мзымты // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2015. № 2. С. 133–146.
10. *Петров Н.Ф.* Оползневые системы. Простые оползни: (Аспекты классификации). Кишинев: Штиинца, 1987. 159 с.
11. *Раскатов Г.И.* Геоморфология и неотектоника Воронежской антеклизы. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1969. 164 с.
12. *Трегуб А.И., Корабельников Н.А., Глушков Б.В.* Районирование Воронежской области по условиям развития экзогенных геологических процессов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. геологическая. 1996. № 2. С. 113–125.
13. *Фоменко И.К.* Методология оценки и прогноза оползневой опасности: автореф. дис. докт. геол.-минер. наук. М., 2014. 40 с.

Regional Analysis of Landslide Hazard (on Example of the Voronezh Region)

V. N. Bevz^{1, *}, A. S. Gorbunov^{2, **}, and V. A. Karavaev^{2, ***}

¹*Voronezh State University, Voronezh, Russia*

²*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

**e-mail: snark61@mail.ru,*

***e-mail: gorbunov.ol@mail.ru,*

****e-mail: karavaev@igras.ru*

Using the example of the Voronezh region as an old-developed flat region, methodical aspects of risk analysis are considered, including the identification, mapping and typology of landslides, identification the conditions of the landslide processes development and determination of the general characteristics of its hazard. Over 1700 landslides were revealed and mapped; a specialized geo-information system was compiled. The use of the GIS combined with the digital elevation model made it possible to determine the general regularity of spatial distribution of landslides, to clarify some parameters of its morphometry and territorial organization. Attention is focused on step-by-step approach to the assessment of landslide hazard and the identification of genetic types of landslides, which differ in structural, functional and dynamic features. The map of the landslide hazard levels of the landscapes of the Voronezh region has been compiled; it is based on a joint analysis of the density of landslide

and the distribution of slope landscapes. The map made possible to identify regions with a low, medium and high degree of landslide hazard.

Keywords: landslide processes, genetic types of landslides, geo-ecological mapping, landslide hazard assessment

REFERENCES

1. Bezv V.N. Osobennosti landshaftno-opolznevy'x sistem srednerusskoj lesostepi: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Kiev, 1988. 19 s.
2. Bezv V.N., Gorbunov A.S. Ocenka opasnosti i riska razvitiya opolznevy'x landshaftov // Landshaftovedenie: teoriya, metody', landshaftno-e'kologicheskoe obespechenie prirodnopol'zovaniya i ustojchivogo razvitiya. Materialy XII Mezhd. landshaftn. konf. Tyumen', 2017. T. 2. S. 116–120.
3. Gulakyan K.A., Kyuntcel' V.V., Postoev G.P. Prognozirovanie opolznevy'x processov. M.: Nedra, 1977. 135 s.
4. Dubyanskij A.A. Hidrogeologicheskie rajony' Voronezhskoj oblasti. Voronezh: Voronezh. obl. knizhn. izd-vo, 1935. 202 s.
5. Laskarev V.D. K voprosu o forme i stroenii sklonov rechny'x dolin v Yuzhnoj Rossii. Odessa: Tip. Akcz. Yuzhno-rus. o-va pech. dela, 1915. 12 s.
6. Levakovskij I.F. Vody' Rossii po otnosheniyu k ee naseleniyu. Xar'kov: Un-tskaya tip., 1890. 286 s.
7. Masal'skij V. Ovrage chernozemnoj polosy' Rossii, ix rasprostranenie, razvitie i deyatel'nost'. SPb: Tip. V. Kirshbauma, 1897. 251 s.
8. Ovodov K.S. Tipy' opolznevy'x yavlenij Voronezhskoj i smezhny'x oblastej // Izv. Voronezh. otd. Geogr. ob-va CSSR. 1957. Vy'p. 1. S. 67–71.
9. Osipov V.I., Postoev G.P., Kazeev A.I. Obosnovanie vy'bora kriteriev opolznej opasnosti v sisteme avtomatizirovannogo monitoringa opolznevogo processa na beregovy'x sklonax r. Mzy'mty' // Geoe'kologiya. Inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya. 2015. № 2. S. 133–146.
10. Petrov N.F. Opolznevy'e sistemy'. Prosty'e opolzni: (Aspekty' klassifikacii). Kishinev: Shtiincza, 1987. 159 s.
11. Raskatov G.I. Geomorfologiya i neotektonika Voronezhskoj anteklizy'. Voronezh: Izd-vo VGU, 1969. 164 s.
12. Tregub A.I., Korabel'nikov N.A., Glushkov B.V. Rajonirovanie Voronezhskoj oblasti po usloviyam razvitiya e'kzogenny'x geologicheskix processov // Vestn. Voronezh. gos. un-ta. Ser. geologicheskaya. 1996. № 2. S. 113–125.
13. Fomenko I.K. Metodologiya ocenki i prognoza opolznej opasnosti: avtoref. dis. dokt. geol.-min-er. nauk. M., 2014. 40 s.