

Научно-информационное издание
Учреждено в 2005 году.
Учредители: Удмуртский научный
центр УрО РАН, Удмуртская
республиканская общественная
организация «Союз научных и инженерных
общественных отделений»

Научно-редакционный совет:
А.М. Липанов,
академик РАН, председатель
научно-редакционного совета;
О.И. Шаврин,
д-р т.н., профессор,
заместитель председателя научно-редакцио-
нного совета;

И.И. Рысин, д-р геогр.н., профессор,
заместитель председателя
научно-редакционного совета;
П.Б. Акмаров, к.э.н., профессор;
В.Ю. Войтович, д-р ю.н., профессор;
В.Б. Дементьев, д-р т.н., профессор;
В.И. Кодолов, д-р х.н., профессор;
А.И. Коршунов, д-р т.н., профессор;
А.К. Осипов, д-р э.н., профессор;
А.Л. Ураков, д-р м.н., профессор;

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
И.И. Рысин, д-р геогр.н., профессор,
главный редактор;
А.М. Пономарев, д-р филос.н.,
зам. главного редактора;
Ответственные за выпуск:
И.И. Рысин, д.г.н., профессор,
зав. каф. экологии УдГУ;
В.Г. Петров, д.х.н., зав. лаб. природоохр.
технологий Ин-та механики УрО РАН

Адрес редакции:
426003, Удмуртская Республика,
г. Ижевск, ул. К. Маркса, 130, к.709;
тел: (3412) 52-80-28, факс: 52-68-60.
Адрес эл. почты: v@snioo.izhnet.ru

Подписано в печать 11 декабря 2017
Тираж 100 экз. Заказ №182
Отпечатано: Издательство «Шелест»
Адрес: 426060, Удмуртская Республика,
г. Ижевск, ул. Энгельса, 164
тел: 8 963 548 51 43, 8 904 317 76 93
malotirazhka@mail.ru

Полное или частичное воспроизведение
материалов, содержащихся в настоящем
издании допускается
с письменного разрешения редакции.
Ссылка на журнал «Наука Удмуртии»
обязательна.

Наука Удмуртии

Nauka Udmurtii
ISSN 1818-4030

№ 4 (82), декабрь 2017

Журнал включен
в реферативную базу РИНЦ
договор №729-11/2015

В НОМЕРЕ:

<i>Адаховский Д.А.</i> Репрезентативность региональной системы особо охраняемых природных территорий Удмуртии с точки зрения сохранения разнообразия дневных чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea).....	3
<i>Ведерников К.Е., Бухарина И.Л.</i> Проблемы использования отходов деревообработки.....	15
<i>Гагарина О.В., Куртеева А.Г.</i> Исследование факторов разбавления сточных вод в речных руслах вблизи организованных выпусков (на примере реки Карлутка г. Ижевска).....	19
<i>Григорьев И.И., Рысин И.И.</i> Пространственный анализ современного развития техногенных оврагов в Удмуртии.....	32
<i>Григорьев И.И., Рысин И.И.</i> Временной анализ интенсивности роста техногенных оврагов на территории Удмуртии.....	47

<i>Дружкакина О.П.</i> Раздельный сбор отходов жилищно-коммунального хозяйства: оценка степени готовности населения.....	63
<i>Ефремова Е.А., Котегов Б.Г.</i> Оценка качества воды реки Чепцы в городе Глазове Удмуртской Республики по химическим и биологическим показателям.....	69
<i>Ильминских Н.Г., Красноперова С.А., Ильминских А.Н.</i> Полигоны ТБО в городах Глазов, Ижевск, Сарапул: экологический и флористический аспекты.....	78
<i>Ковальчук А.Г., Бухарина И.Л., Ведерников К.Е.</i> Биотехнологии в утилизации твердых коммунальных отходов.....	88
<i>Котегов Б.Г.</i> Антропогенные причины заморов рыб в водоемах и водотоках центральной части Удмуртии.....	95
<i>Красноперова С.А.</i> Флористические находки на полигонах ТБО Удмуртской Республики.....	104
<i>Кургузкин М.Г., Злобина Т.Г.</i> Дистанционное зондирование в региональной экологии и природопользовании.....	110
<i>Ложкина А.А., Малькова И.Л.</i> Территориальный анализ уровня заболеваемости детского населения г. Ижевска как индикатора загрязнения атмосферного воздуха.....	117
<i>Малькова И.Л., Макарова И.А.</i> Вклад экологических и социально-экономических факторов в формирование эпидемического потенциала туберкулеза в г. Ижевске.....	125
<i>Петров В.Г.</i> Переработка и обезвреживание промышленных отходов в Удмуртской Республике.....	133
<i>Попов С.Ю., Козловская Н.В.</i> Определение норм накопления твердых бытовых отходов в городах для дальнейшего эффективного управления и переработки.....	149
<i>Русских А.Р., Шумилова М.А.</i> Метод исследования поведения загрязняющих веществ в почвах.....	158
<i>Семакина А.В., Шарипов Л.Р.</i> Оценка объемов эмиссий метана от болот низинного типа.....	164
<i>Ханнанов Д.А., Балицкий Я.А., Петров В.Г.</i> Переработка использованных химических источников тока (ХИТ).....	174
<i>Шадрин В. А.</i> Биоразнообразие в историческом аспекте растительного покрова Удмуртии.....	180
<i>Шадрин В.А., Русинова А.А.</i> Состояние и антропогенная трансформация растительного покрова лесопарковой зоны (на примере парка космонавтов г. Ижевска).....	195
<i>Юминов В.А., Рысин И.И.</i> Развитие и оценка экзогенных геолого-геоморфологических процессов (на примере Ленинского района Ижевска).....	210

ХРОНИКА

<i>Рысин И.И.</i> Юбилейная конференция в Ижевске в год экологии.....	230
<i>Петров В.Г.</i> Научно-практическая конференция «Решение проблемы отходов в Удмуртской Республике для устойчивого развития региона».....	242
Вниманию авторов!.....	249

УДК 551.435:528.946 (045)

Юминов В.А., Рысин И.И.

РАЗВИТИЕ И ОЦЕНКА ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНСКОГО РАЙОНА ИЖЕВСКА)

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования экзогенных геолого-геоморфологических процессов (суффозия, подтопление и эрозионные процессы) на территории Ленинского района города Ижевска. Изучение особенностей развития суффозии, подтопления, эрозионных процессов, оценка степени их проявления проводились на основе результатов маршрутных инженерно-геологических обследований. Расчет показателей, характеризующих экзогенные процессы, проводился по топографическим картам масштаба 1:25000. При обработке полученных показателей, построении картосхем распространения и районирования экзогенных процессов была использована компьютерная программа «ARCGIS». Районирование территории исследуемого района по степени развития экзогенных процессов проведено на основе суммарной балльной оценки показателей. В результате на территории Ленинского района г. Ижевска выделены пять зон развития суффозионных процессов и четыре зоны, различающиеся по степени активности эрозионных процессов и подтопляемости. На последнем этапе была проведена оценка общей активности экзогенных процессов с учетом техногенной нагрузки.

Ключевые слова: экзогенные процессы; суффозия; подтопление; эрозия; картосхемы; Ленинский район; город Ижевск.

Введение

Для современного этапа развития общества характерны значительные темпы и масштабы преобразования природной среды. Рост плотности и этажности застройки на территориях городов влечет за собой ряд негативных последствий, одним из которых является повышение риска возникновения аварий и катастроф в связи с развитием опасных геолого-геоморфологических процессов. Экзогенные геологические (геоморфологические) процессы (ЭГП) и явления на территории городов проявляются повсеместно и способны привести к непоправимым последствиям. Немаловажным аспектом является активизация наиболее опасных из них под действием техногенных факторов.

Развитие опасных экзогенных процессов часто сопровождается человеческими жертвами и огромными разрушениями. Суммарный ежегодный ущерб от оползней, селей, обвалов в России по экспертным оценкам составляет не менее 1 млрд. долларов в год. Большие убытки от оползней испытывают и многие зарубежные страны. Ежегодный ущерб от оползней в США составляет 2 – 2,5, Японии – 1,5, Италии – 1,1 млрд. долларов [1].

Относительно менее опасными, в основном из-за меньших объемов и скоростей одновременного перемещения масс горных пород и воды, являются процессы почвенной и овражной эрозии, переработки берегов водохранилищ и морей, набухания и просадки грунтов. Эти процессы, как правило, не приводят к гибели людей, но экономические потери от их развития часто сопоставимы с наиболее катастрофическими природными явлениями. В отдельные годы ущерб от развития этих процессов достигает 8 – 9 млрд. долларов. Ежегодно с пахотных склонов на территории России сносится и необратимо теряется 0,56 млрд. т наиболее плодородной части почвенного покрова. Суммарный ежегодный прирост длины овражной сети составляет в среднем 20 тыс. км [1].

Проблема изучения особенностей развития ЭГП на территориях городов в настоящее время стоит наиболее остро, о чем свидетельствует большое количество публикаций, затрагивающих данную тематику. При многообразии подходов и путей решения подобных проблем очевидна необходимость оценки состояния геолого-геоморфологической среды городов и интенсивности развития опасных ЭГП. На территории г. Ижевска такие экзогенные процессы, как суффозионные, эрозионные, подтопление, заболачивание и др., получили развитие и местами представляют серьезную опасность для жизнедеятельности населения.

Основной целью данной работы является анализ особенностей развития опасных экзогенных геолого-геоморфологических процессов (суффозия, подтопление, эрозия) на территории Ленинского района г. Ижевска. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- выделение основных природных и техногенных факторов, влияющих на интенсивность развития экзогенных процессов;
- районирование Ленинского района г.Ижевска по степени развития отдельных ЭГП;
- оценка интенсивности развития потенциально опасных ЭГП на основе количественных показателей;

Объект и методы исследования

Предварительно были изучены 22 отчета инженерно-геологических изысканий (с 2007 по 2016 годы) в Ленинском районе г. Ижевска,

информация из них была использована при интерпретации результатов инженерно-геологической рекогносцировки и обработке картографических материалов. Так же была составлена сводная таблица физико-механических свойств грунтов активной зоны в пределах исследуемой территории. Активная зона (сжимаемая толща) грунтов – зона (глубина) физико-механического воздействия фундаментов зданий и сооружений на грунты, учитываемая при строительстве. Обычно это глубина первых метров (до 20-30 м) [2,3].

Изучение особенностей процессов суффозии и оценка степени ее развития проводились на основе результатов маршрутного инженерно-геологического обследования. Общая протяженность маршрутов в 2009 и 2016 гг. составила более 80 км. Расчет показателей, характеризующих процессы эрозии, суффозии, подтопления и техногенную нагрузку, проводился по картографическому материалу в масштабе 1:25000. При обработке полученных показателей, построении схем районирования и моделей была использована компьютерная программа «ARCGIS». По всем предложенным показателям построены картосхемы изолиний в указанном масштабе. Районирование территории исследуемого района по степени развития суффозии, подтопления, эрозии, интенсивности развития ЭГП проведено на основе суммарной балльной оценки показателей.

Проведенный анализ и построение схем позволяют более полно учитывать специфику развития опасных ЭГП и влияние на них техногенных факторов. Кроме того, материалы работы могут применяться при разработке региональных схем защиты территории от ЭГП, архитектурно-планировочных мероприятиях и оценке общего экологического состояния города в связи с техногенной нагрузкой.

Ленинский район г. Ижевска расположен на правом берегу р. Иж. Исследуемая территория приурочена к водоразделу и долинам рек Иж, Пироговка, Мужвайка и Малиновка. Правобережье реки Иж отличается очень спокойными и пологими формами рельефа. Абсолютные отметки здесь достигают 200 м, рельеф водоразделов волнисто-холмистый, однако овраги, как правило, имеют очень пологие, задернованные борта и их можно назвать скорее логами. Несколько более расчлененный рельеф наблюдается лишь в южной части, где склоны оврагов приобретают более крутые очертания и становятся обрывистыми.

Долина реки Иж - наиболее молодой орографический элемент описываемой территории, расчленяет денудационные поверхности. В контурах долины Ижа выделяются ее коренные склоны и несколько субгоризонтальных ступеней, представляющих собой аккумулятивные террасы, сложенные аллювием.

Особенностью геологического строения исследуемой территории является относительно неглубокое залегание коренных среднеперм-

ских (P2) отложений, представленных в кровле аргиллитами, песчаниками, алевролитами и глинами, часто находящимися в нарушенном состоянии. Коренные породы здесь обычно разрушены до песчано-глинистого состояния. Так, аргиллиты в приповерхностной части, как правило, выветрены до состояния красных глин, а алевролиты и песчаники – до суглинисто-супесчаного состояния. При инженерно-геологической характеристике таким грунтам часто присваивается возраст материнских пород. Однако наличие частых тонких прослоев песка, нередких включений дресвяно-щебенистого материала свидетельствует о том, что данные грунты целесообразнее рассматривать как четвертичные образования элювиального или элювиально-делювиального генезиса [4].

С поверхности пермские отложения повсеместно перекрыты слоем четвертичных рыхлых отложений различного генезиса, состава, состояния. Наиболее часто четвертичные отложения в изыскиваемом районе представлены аллювиальными (aQ) и делювиальными (dQ) грунтами, сложенными в основном глинами, суглинками, супесями, песками.

Отложения четвертичной системы практически сплошным чехлом покрывают коренные породы перми, однако, при небольшой мощности, в пределах 1,0 – 1,5 м, этот покров теряет характерные тем или иным типам осадков генетические признаки. По генетическому признаку среди четвертичных отложений выделяются элювиальные, элювиально-делювиальные, делювиально-солифлюкционные и аллювиальные образования, относящиеся по возрасту к различным эпохам четвертичного периода [5].

На водоразделах развиты, в основном элювиальные образования. Время образования элювия принимается как четвертичное, без дробного расчленения на возрастные подразделения плейстоцена. Накопление этих образований шло в течение всего плейстоцена.

В геоморфологическом отношении водоразделы подразделяются на структурно-денудационные «пуговые» холмы, поверхности выравнивания с прилегающими к ним денудационными склонами и сниженными водоразделами [6].

«Пуговые» холмы приурочены к участкам развития верхнепермских конгломератов, галечников, которые в силу механической прочности слабо подвергались воздействию денудационно-эрозионных процессов и заняли господствующее положение в рельефе (например г. Чекерил).

Осадки, слагающие пуги, в эпоху четвертичных оледенений подвергались интенсивному морозному (криогенному) выветриванию. Вследствие этого, плотные породы подвергались разрушению, и в местах выхода формировали развалы элювиальных образований.

Они занимают значительные площади на вершинах водоразделов. Помимо поверхности водоразделов они встречаются на поверхности структурных террас, на более низких абсолютных отметках.

Ниже останцов междуречных пространств, на пологих склонах, широкое распространение имеют элювиально-делювиальные и делювиально-солифлюкционные отложения [7].

Гидрогеологические условия Ленинского района в активной зоне грунтов характеризуются наличием водоносных горизонтов и комплексов в четвертичных отложениях и коренных породах. С четвертичными отложениями связаны грунтовые воды, приуроченные к различным генетическим образованиям. В эоловых и элювиально-делювиальных отложениях встречены грунтовые воды типа "верховодки". Собственно грунтовые воды залегают здесь на глубине до 2,0 м. Кроме того, у подножия склонов равнины в элювиально-делювиальных образованиях часто встречаются воды локального характера, связанные с выклиниванием подземных вод в виде родников. Наиболее широкое распространение имеют грунтовые воды в аллювиальных отложениях. Аллювиальный водоносный горизонт ограничен долинами рек. Глубина залегания его от 0,5 до 3,0 м. По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией 0,2-0,3 г/куб.дм. Амплитуда колебания уровня грунтовых вод 1,5-2,0 м. Наиболее значимыми с точки зрения использования являются подземные воды верхнепермских отложений. В татарских (ныне *уржумских*) отложениях подземные воды вскрыты на глубине от 3-5 до 70 м и более. Имеют напорный характер с высотой напора от 2 до 75 м. Дебиты скважин изменяются от 0,35 до 17,5 л/сек, удельные дебиты колеблются от 0,01 до 1,4 л/сек. По данным химических анализов подземные воды пресные, сухой остаток составляет 0,2-0,9 мг-экв/л. [8].

Инженерно-геологические процессы в пределах города Ижевска различны по происхождению, проявлению, способу воздействия на окружающую природную среду, инженерные сооружения и имеют различную степень активности и опасности.

Под экзогенными геологическими (геоморфологическими) процессами понимается многообразие геолого-геоморфологических процессов, которые происходят в приповерхностных частях литосферы преимущественно под воздействием внешних факторов, хотя эндогенные факторы в развитии этих процессов тоже играют большую роль [9].

Одной из главных причин возникновения и развития ЭГП на урбанизированных территориях является хозяйственная деятельность человека. К ним относятся – прокладка подземных коммуникаций, автодорог и тротуаров, часто с нарушением почвенного покрова и регламента обратной засыпки траншей и котлованов. При строительных

работах обычно «экономят» на формировании подушек в основании фундаментов и асфальтовых покрытий. При этом создаются условия для концентрации стока, приводящего к разрушению почвогрунтов. Трансформации подвергается микрорельеф и поверхностный слой (2-6 м) геологических отложений.

Обследования показали, что на территории Ленинского района г. Ижевска имеют место такие экзогенные процессы как овражная эрозия, техногенная суффозия и подтопление.

Понятие **суффозии** впервые было введено А.П. Павловым в 1898 г., под которым он подразумевал деятельность подземных вод в виде растворения, разрушения и выноса растворенной части пород, т.е. преимущественно химический процесс [10]. Основным поводом к тщательному изучению процессов суффозии стало гидротехническое строительство.

Вопросами понимания и трактовки суффозии занимался ряд исследователей, причем роль химического и механического воздействия на породы оценивалась ими по-разному. Инженеры-геологи, оценивая суффозионные процессы в связи со строительством сооружений и хозяйственным использованием территорий, основывались на результатах исследований гидротехников. Считали, что употребление термина суффозия в понимании механического вымывания постепенно вытеснило первоначальное определение, данное А.П. Павловым, химическое воздействие потока на породу играет подчиненную роль и трудно поддается количественной оценке. Использование результатов гидротехников, полученных для искусственных грунтов, привело к тому, что в инженерной геологии утвердилось понимание суффозии как механического выноса частиц в результате движения подземных вод. Многие исследователи при этом не отрицают роли химического воздействия.

И.А. Печеркин [11] трактовал суффозию как сложный физико-химический процесс, в котором органически сочетаются механизмы растворения, выноса и эрозионного размыва. Крайнее ее проявление – это просто механический вынос мелких частиц и агрегатов.

Как правило, механический суффозионный вынос связывают в первую очередь с песчаными отложениями, где действие ее проявляется в выносе отдельных частиц из пор и в разрыхлении масс песка с последующим их выносом. Движение воды в порах глинистых грунтов (суглинках и супесях) проходит с малой скоростью. Поэтому проявление механической суффозии для таких грунтов не характерно [12, 13]. В данной работе рассматривается процесс суффозионного выноса, происходящий как в природных аллювиально-делювиальных грунтах, так и в техногенных недоуплотненных и проницаемых грунтах.

Значительная часть города поражена суффозионными процессами, воздействие которых проявляется в развитии характерных поверх-

ностных форм. Особенно интенсивно они развиваются в техногенных грунтах под асфальтовым покрытием, где скорости и последствия их развития усиливаются статическими и динамическими нагрузками, и реже в аллювиальных отложениях.

Как правило, трассы коллекторов и водоводов прокладываются под асфальтовым покрытием автодорог и тротуаров, где опасность провалообразования повышается за счет воздействия на систему статических и динамических нагрузок. Кроме того, асфальт служит своеобразным панцирем, скрывающим образующуюся полость вплоть до ее завершающей стадии развития.

Основной тип деформаций связан с развитием суффозии дренажного типа. Они развиваются в результате локального понижения уровня грунтовых вод и сопутствующего ему компенсационного прогибания поверхности, без непосредственного выноса частиц грунта из толщи. Главную роль здесь играют литологические особенности грунтов и техногенные нарушения гидрогеологического баланса участка. При этом причиной понижения уровня грунтовых вод, как правило, является экранирование зоны аэрации асфальтовым покрытием или сооружением. Деформации, сопутствующие такому процессу, проявляются на поверхности в виде вмятин, ложбин и своеобразных котловин относительно небольшой глубины (Рис. 1).



Рис. 1. Типичное проявление суффозии на одной из улиц Ленинского района (фото В.А. Юминова)

Еще один вид - проявления суффозии, приуроченные к канализационным колодцам. Механизм их возникновения, развития и поверхностные формы проявления имеют свои особенности. Во-первых, колодцы, как правило, не герметичны и в силу того являются дренами для поверхностных и приповерхностных вод. Во-вторых, насыпные грунты в прилегающей зоне не уплотнены, а, следовательно, хорошо проницаемы и подвержены суффозионному выносу частиц, что создает благоприятные условия для развития деформаций (дренажно-денудационный тип). В-третьих, сплошность асфальтового покрытия нередко нарушается на начальной стадии, вследствие уплотнения насыпных грунтов и компенсационного прогибания асфальта, после чего создаются условия для дренажа поверхностных вод, что в свою очередь усиливает интенсивность выноса.

Суффозионные процессы на территории Ленинского района города Ижевска в основном обусловлены механическим выносом частиц грунта водой. Поверхностные деформации могут возникать в зонах влияния водоводов, коллекторов, при проходке глубоких подземных горных выработок и котлованов, при проведении длительных откачек воды и т.д.

Подтопление является одним из наиболее распространенных и ущербобразующих природно-техногенных процессов. За последние десятилетия подтопление городских территорий в России приняло практически повсеместный характер. Из 1064 городов России этот процесс развивается в 792, что составляет 74.4 %. Подтоплению подвержены такие крупные города России, как Москва, Астрахань, Санкт-Петербург, Иркутск, Нижний Новгород и др. Площади подтопленных территорий достигают 14 млн. га [1].

Под термином подтопление понимается направленный процесс подъема уровня грунтовых вод и увеличения влажности грунтов на застроенных территориях, обусловленный изменением водного баланса под влиянием комплекса техногенных факторов при соответствующих природных условиях.

Подтопление застроенных частей городских территорий следует считать типичным антропогенным процессом. Он возникает там, где в результате деятельности человека изменен баланс подземных вод в направлении уменьшения расходных и увеличения приходных составляющих, где нарушен режим подземных вод и влажностный режим зоны аэрации. Подтопление начинает зарождаться еще в процессе строительства города и вступает в зрелую фазу в процессе эксплуатации городских зданий и сооружений [14].

При очевидности техногенного влияния на подтопление важную роль в развитии этого процесса играют и природные (естественные) факторы, создающие предпосылки для него. Основные природные

факторы, влияющие на уровень грунтовых вод, обусловлены местными особенностями геологических, гидрогеологических, геоморфологических и климатических условий. Одним из самых важных факторов является геоморфологический, так как территория с интенсивной горизонтальной и вертикальной расчлененностью, даже при наличии в приповерхностной части разреза слабопроницаемых грунтов и значительном количестве осадков, хорошо дренирована и вероятность возникновения и развития на ней подтопления незначительна.

В Ленинском районе г.Ижевска характерно подтопление в весенний период, во время таянья снега и начала ледохода на реках. А также в летне-осенний период после сильных дождей. Территории, подтопленные в естественных условиях – приурочены к пойме реки Иж.

Эрозионный рельеф формируется под действием временных (линейный и плоскостной смыв) и постоянных водотоков (сочетание боковой и глубинной эрозии). Следствием проявления деятельности эрозионных процессов является разнообразие форм овражно-балочной сети и речных долин в зависимости от стадии их развития. При этом значительное влияние приобретает характер и количество атмосферных осадков, уклон поверхности, что в конечном итоге определяет живую силу потока [15,16, 17].

Среди особенностей развития эрозионных процессов на территории Удмуртии выделяется сезонность их развития, обусловленная климатическими факторами. Наибольший процент прироста оврагов наблюдается в весенний период во время снеготаянья. При этом базисом эрозии для склоновых оврагов служит уровень поймы реки, затопляемой во время половодья. Этим обычно объясняется редкое развитие пойменных оврагов. На интенсивность оврагообразования оказывают влияние также различная экспозиция склонов, состав размываемых пород, характер распределения ветров и ряд гидролого-климатических особенностей [18, 19, 20]. В случае слабой закрепленности поверхности склонов растительностью свою роль играют также условия формирования и таянья снежного покрова. Если снеговой покров ложится на не промерзшую землю, то весной при постепенном его таянии сток и смыв могут быть незначительными [21].

Овраги затрудняют строительное освоение территории. Расчлененная местность, они представляет угрозу для населенных пунктов, различных трубопроводов, дорожных и других инженерных сооружений [22].

Эрозионные процессы в Ленинском районе наблюдаются на склонах долины Ижа в зоне частной застройки. Представлены струйчатые размывами и промоинами протяженностью от 3 до 20 м, глубиной до 0,5 м и шириной до 1 м. Овраги приурочены к склонам рек Пироговка и Мужвайка и являются придолинными.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время в качестве количественного показателя оценки интенсивности проявления ЭГП используется пораженность территории процессом, которая оценивается площадным или линейным коэффициентом. Коэффициент пораженности является не только количественным показателем интенсивности проявления процесса, но и в интегральной форме характеризует взаимодействие всех факторов, степень их влияния на данный процесс. Площадной коэффициент пораженности представляет собой отношение площади, охваченной процессом, ко всей площади участка и подсчитывается для однородных по геоморфологическим и геологическим условиям территорий [9].

В данной работе предлагается использовать метод балльной оценки территории по степени активности опасных геологических (геоморфологических) процессов.

Изучение интенсивности развития *суффозионных* процессов на территории Ленинского района г. Ижевска проводилось в процессе маршрутного обследования асфальтового покрытия улиц и сооружений города в 2009 и 2016 годах. В результате выявлено и описано 67 поверхностных суффозионных деформаций разного типа. Как показали исследования, наибольшее число деформаций приурочено к районам многоэтажной жилой застройки: район железнодорожного вокзала и Городок строителей.

Для количественной оценки интенсивности развития суффозионных процессов использовался показатель густоты поверхностных суффозионных деформаций (деф./км²). Наибольшие значения показателя характерны для района улиц Городок строителей, Клубная, где его величина составила 13 деф./км² и на улице Гагарина (привокзальная площадь и сквер имени Титова А.Л.) – 10 деф./км². Меньшие значения отмечены в районах улиц Гагарина (Автобусный парк №1 ИПО-ПАТ) - 8 деф./км² и Леваневского (южнее железнодорожного вокзала) - 6 деф./км². Во всех случаях прослеживается непосредственная связь густоты поверхностных деформаций с интенсивностью техногенной нагрузки на территорию.

В процессе расчета показателя и проведения экспертной (балльной) оценки развития суффозионных процессов на территории Ленинского района г. Ижевска выделены пять зон (рис. 2). Первая – зона отсутствия или незначительной активности суффозионных процессов, характеризуется показателем плотности поверхностных суффозионных деформаций до 2 деф./км², что соответствует 1 баллу. Зона наиболее широко распространена на исследуемой территории. Приурочена к окраинам города, где антропогенная нагрузка незначительна, районам с преобладающей малоэтажной застройкой (соот-

ветственно небольшая плотность водокоммуникационных систем) и относительно молодым жилым районам.

Вторая – зона слабой степени развития суффозионных процессов. Для нее характерны величины показателей плотности деформаций от 2 до 4 деф./км², что соответствует 2 баллам. Зона оконтуривает наиболее плотно застроенные территории и распространена в микрорайонах Городок Машиностроителей, Малиновая гора, Татар-базар.

Третья зона – средней степени развития суффозионных процессов. Значения показателя плотности деформаций от 4 до 6 деф./км², что соответствует 3 баллам.

Четвертая зона – высокой степени развития суффозионных процессов, с показателем в пределах 6 – 8 деф./км², что в системе балльной оценки соответствует 4 баллам.

Пятая зона – максимальной степени развития суффозионных процессов, со значениями показателя плотности деформаций, превышающими 8 деф./км². На территории Ленинского района г.Ижевска зона располагается локально в наиболее плотно застроенных районах.

В целом площадное расположение указанных зон обусловлено в первую очередь интенсивностью и особенностями техногенной нагрузки на территорию города. По-видимому, основными критериями оценки степени опасности территорий в связи с суффозионными процессами, кроме количественных показателей пораженности площадей города, можно считать также плотность и коэффициент застроенности, плотность водонесущих коммуникаций. В связи с выше изложенным можно выделить два потенциально опасных участка на территории Ленинского района г.Ижевска. Первый из них охватывает значительные площади Городка строителей (улицы Городок Строителей, Клубная, Баранова, Новостроительная, Новоажимова и др.). Здесь основным техногенным фактором влияния на процессы суффозии можно назвать высокий уровень освоенности территории.

Второй участок, расположенный в районе железнодорожного вокзала и ул. Гагарина, кроме значительной степени застроенности, характеризуется также широким распространением и большой мощностью (до 2-4 м) насыпных грунтов и близким к дневной поверхности залеганием грунтовых вод.

В целом, как показали результаты исследований, суффозионные процессы на территории г. Ижевска заслуживают особого внимания, так как, развиваясь в течение короткого промежутка времени (особенно при значительных утечках из коммуникаций при благоприятных условиях выноса частиц грунта водой в зону разгрузки), приводят к резким и значительным деформациям инженерных сооружений.

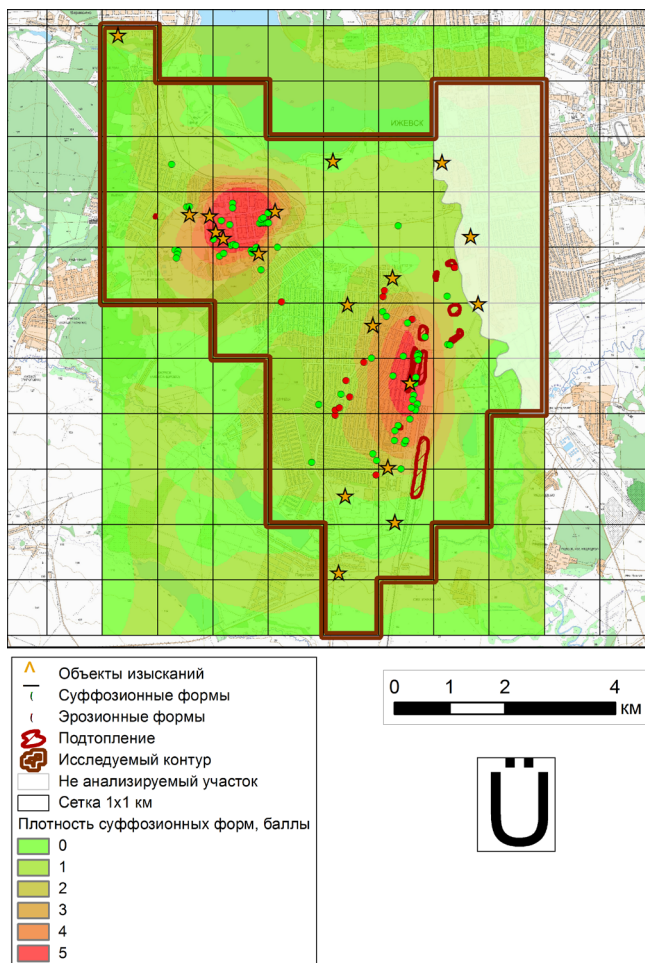


Рис. 2. Карта-схема зонирования исследуемой территории по плотности суффозионных форм

В ряде случаев суффозионные процессы могут не сопровождаться гидромеханическим выносом частиц грунта при развитии незначительных по глубине поверхностных деформаций в результате уплотнения грунта при понижении уровня грунтовых вод (дренажный тип). Дополнительное влияние на деформации такого рода оказывают статические и динамические нагрузки от проезжающего транспорта.

Оценка *подтоплений* проводилась на основе результатов инженерно-геологической рекогносцировки в 2016 г., геоморфологическом анализе изучаемой территории и архивных данных инженерно-геологических изысканий. Итогом проведенных работ является карта (масштаба 1:25000) подтопляемости территории Ленинского района г.Ижевска (Рис. 3).

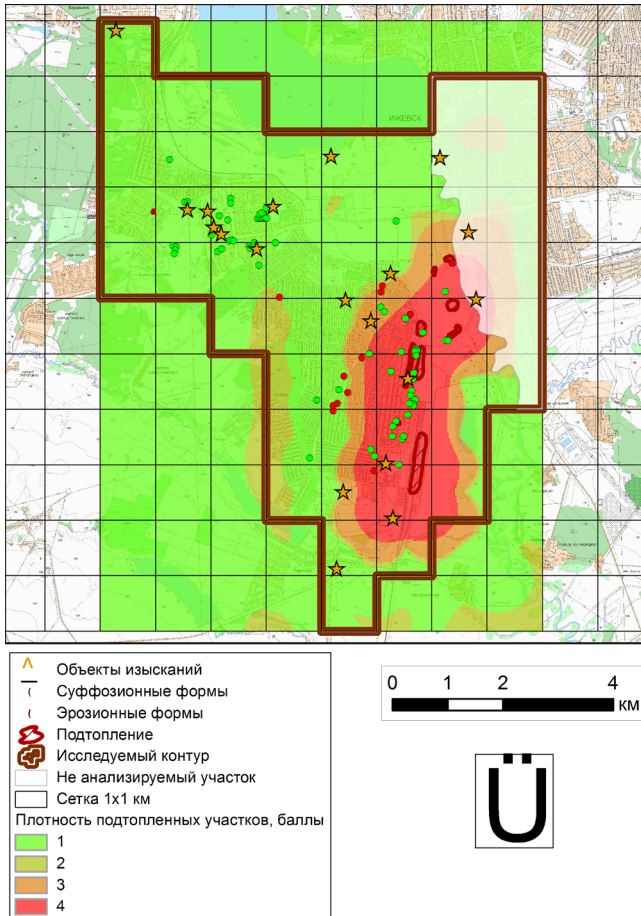


Рис. 3. Карта-схема зонирования исследуемой территории по степени подтопляемости.

На карте выделены четыре зоны: первая – зона практически неподтопляемая (1 балл), вторая (2 балла) – слабоподтопляемая, третья

(3 балла) – среднеподтопляемая, четвертая (4 балла) – фактически подтопленная зона.

Первая зона занимает значительную территорию юго-западной части Ленинского района г. Ижевска. Исключение составляет участок по адресу ул. Совхозная 22, отнесенный к четвертой зоне. Стабильность условий в связи с подтоплением на этой территории обеспечивается в первую очередь высокой горизонтальной и вертикальной расчлененностью рельефа.

Вторая, третья и четвертая зона приурочены к пойме реки Иж ниже плотины Ижевского пруда. Наибольшее площадное распространение имела четвертая (фактически подтопленная) зона. Это территория плотной многоэтажной застройки и наличия различных коммуникаций. В геологическом разрезе почти повсеместно присутствуют разуплотненные насыпные грунты различные по мощности, генезису, гранулометрическому составу и химическому строению. Грунтовые воды как правило близки к дневной поверхности.

Практически не обследованной осталась береговая зона Ижевского пруда в Ленинском районе ввиду наличия закрытых территорий промышленных площадок.

Основными количественными показателями при изучении *эрозионных* процессов являются густота речной и овражно-балочной сети, энергия рельефа (вертикальная расчлененность). Кроме того, для более полной оценки территории целесообразно применение показателя суммарной расчлененности рельефа, который отражает степень изрезанности местности речной сетью и ее глубинную расчлененность. Для описания характера овражно-балочной сети используются коэффициенты густоты (K_e) (суммарная длина оврагов и балок) и плотности овражно-балочной сети (количество оврагов на единицу площади) [23].

Показатель энергии рельефа (\mathcal{E}_p) отражает степень глубинной расчлененности рельефа и представляет собой разность между наивысшей и низшей гипсометрическими отметками рельефа на определенной площади, размерность – $\text{км}/\text{км}^2$. Следует уточнить, что использование его без дополнительных показателей эрозионного рельефа полной картины о расчлененности территории не дает. Как правило, его используют вместе с показателем горизонтальной расчлененности рельефа. Одним из таких показателей является густота речной сети (K_r), который представляет собой суммарную длину рек, приходящуюся на единицу площади ($\text{км}/\text{км}^2$).

Районирование территории проводилось с введением экспертной оценки эрозионных характеристик рельефа (энергии рельефа, густоты речной и овражно-балочной сети) и их суммарного балла для анализа общей эрозионной опасности. Результатом работы является

схема районирования данной территории по степени опасности развития эрозионных процессов в масштабе 1:25000 (Рис. 4). Выделено четыре зоны, различающиеся по степени активности эрозионных процессов. Первая из них - зона минимальной эрозионной опасности, характеризуется значениями суммарного коэффициента от 0 до 2 баллов. Подобные зоны располагаются локально и приурочены к водораздельным участкам и к пойме реки Иж (юго-восточная часть района и пойма ниже плотины Ижевского пруда).

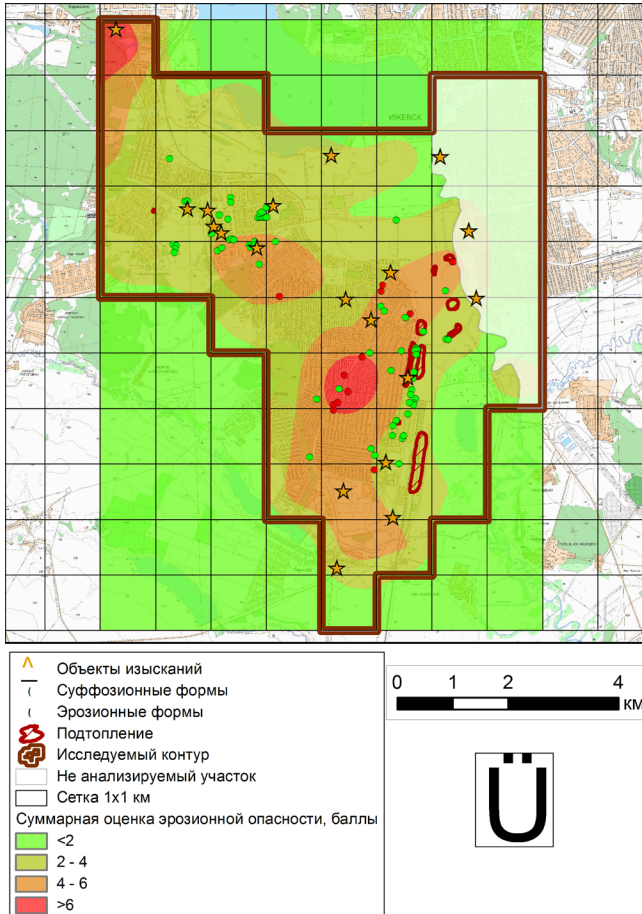


Рис. 4. Карта-схема зонирования исследуемой территории по величине эрозионной опасности

Вторая - зона слабой эрозионной опасности - характеризуется показателями суммарного коэффициента от 2 до 4 баллов. Имеет широкое распространение в центральной части района со смещением на северо-запад и в юго-восточной стороне – улиц Гагарина и Пойма.

Третья зона – умеренной эрозионной опасности - занимает значительные территории; характеризуется значениями показателя опасности от 4 до 6 баллов. На карте выделяются три участка. Первый – самый большой, между улицами Гагарина и Азина, преимущественно территория малоэтажной застройки. В геоморфологическом плане эта площадь представлена водоразделом и склоном долины р. Иж. территория характеризуется высокими показателями энергии рельефа и плотностью овражно-балочной сети. Второй участок расположен в центральной части Ленинского района вокруг улицы Оружейника Драгунова, где между Городком строителей и частным сектором Татарбазара расположен овраг. Третий участок расположен на северо-западной окраине изучаемой территории (Малиновая гора) и обусловлен долиной реки Малиновка.

Четвертая – зона повышенной эрозионной опасности (свыше 6 баллов) располагается локально на северо-западной окраине изучаемой территории (Малиновая гора) в долине реки Малиновка, а также в районе пересечения улиц Азина и Областная на водоразделе.

Районирование исследуемой территории по общей активности ЭГП проводилось с помощью суммарного балла, отражающего степень активности эрозионных, суффозионных процессов и подтопления. Кроме того, в итоговый суммарный балл вошли показатели техногенной нагрузки на территорию.

На территории Ленинского района г. Ижевска выделено 5 зон, характеризующихся разными значениями суммарного балла интегральной опасности проявления ЭГП (рис. 5). Первая зона – слабой опасности проявления ЭГП, со значениями до 3 баллов, имеет большое площадное распространение на территории Ленинского района - вся северная, северо-западная и половина центральной части территории.

Вторая зона – умеренной опасности проявления ЭГП - характеризуется значениями суммарного балла от 3 до 6 баллов, имеет более широкое площадное распространение. Она охватывает территории промышленной зоны в долине р. Иж и центральную часть Ленинского района.

Третья зона – средней степени опасности проявления ЭГП. Интервал значений суммарного балла колеблется от 6 до 9. Располагается в Южной части Ленинского района на склонах долины и пойме р.Иж. Это обусловлено высокими показателями энергии рельефа, техногенной нагрузки и проявлений ЭГП.

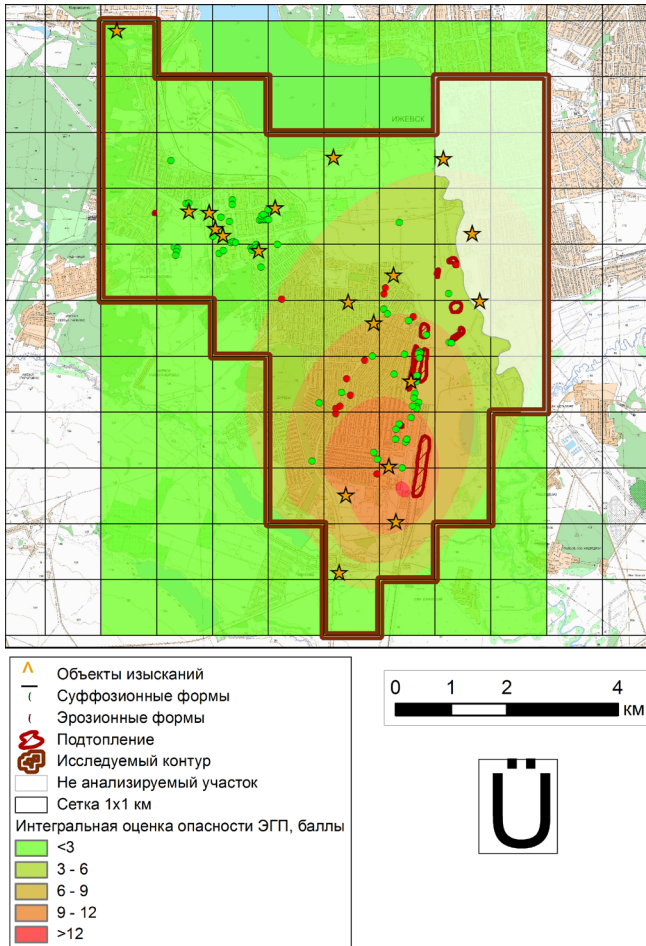


Рис. 5. Карта-схема интегральной оценки опасности проявления ЭГП на исследуемой территории

Четвертая зона – высокой степени опасности проявления ЭГП (9 – 12 баллов) – является ядром третьей.

Пятая зона – весьма высокой степени опасности проявления ЭГП (более 12 баллов), проявляется локально на перекрестке улиц Гагарина и Механизаторов.

В целом, анализируя территорию Ленинского района г. Ижевска, можно сделать вывод о том, что участки с наибольшей опасностью

проявления ЭГП приурочены в основном к склонам долины реки Иж и ее пойме, где техногенная нагрузка активизирует процессы эрозии, подтопления и суффозии.

Исключением являются центр района, где на участках высотной застройки наблюдаются суффозионные процессы.

Выводы

Обобщая все выше изложенное, можно сделать ряд следующих выводов.

1. Активизация суффозионных процессов в последнее время обусловлена ростом капитальных сооружений с соответственным увеличением нагрузки на геологическую среду под действием веса зданий, расширения сети водонесущих коммуникаций, асфальтированных площадей и т.д.

2. Среди суффозионных явлений на обследованной территории наиболее широкое распространение получили провалы и проседания на тротуарах и автодорогах (наиболее значительные провалы образуются при утечках воды или водопоглощения системы коммуникаций).

3. Процессы, вызывающие провальные явления и проседания на автодорожных покрытиях связаны главным образом с насыпными грунтами, которые являются недоуплотненными и обладающими слабой устойчивостью к суффозионному разрушению.

4. Значительную пораженность городских площадей эрозионными процессами, обусловленную в основном природными факторами и в меньшей - техногенными.

5. Активное развитие процессов подтопления на большей части территории Ленинского района г. Ижевска в связи с сочетанием интенсивного техногенного влияния с неблагоприятными природными условиями (литологическими, структурно-тектоническими).

6. Взаимосвязь процессов суффозии и подтопления.

При планировке города, проектировании здания, микрорайона, квартала необходимо умело вписывать их в природную обстановку, учитывая и предупреждая отрицательные техногенные процессы и явления, наносящие ущерб городу, полнее осуществлять техническую и эстетическую гармонизацию города и природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опасные экзогенные процессы /В.И. Осипов, В.М. Кутепов, В.П. Зверев и др. / Под ред. В.И. Осипова. М.: ГЕОС, 1999. 290 с.

2. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. М.: Минрегион России, 2010.
3. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М., 2012.
4. Юминов В.А., Димухаметов М.Ш., Малахов В.Е., Щербаков С.В., Золотарев Д.Р. Особенности классификации грунтов татарского яруса при инженерно-геологических изысканиях на нефтяных месторождениях ОАО «Удмуртнефть». // Инженерные изыскания, №6. Всероссийский научно-аналитический журнал. Москва, 2009. С. 16–21.
5. Стурман В.И. Четвертичные отложения Удмуртии. – Ижевск: Изд-во УдГУ, 1992.
6. Дедков А.П., Малышева О.Н., Порман С.Р., Рождественский А.Д. Древние поверхности выравнивания и останцовый рельеф Удмуртии // Развитие склонов и выравнивание рельефа. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1974. С. 64–76.
7. Верещагин В.А., Сергеев А.В. Глауконит в красноцветных отложениях района г. Ижевска (татарский ярус). Вестник Удм. ун-та. Ижевск, 1995.
8. Елькин С.М., Рысин И.И. Подземные воды. // Природа Ижевска и его окрестностей: сб. ст. / Ижев. гор. ком. по охране окружающей среды; науч. ред. В. В. Туганаев; отв. за вып. О. Г. Баранова; сост. В. М. Подсизерцев. Ижевск, 1998. С. 67-79.
9. Шeko А.И., Каякин В.В. Оценка опасности и риска //Опасные экзогенные процессы. М.: ГЕОС, 1999. С.232-250.
10. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика. М.: Изд-во МГУ, 1983. 328 с.
11. Печеркин И.А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. ч.2: Геологические процессы. Пермь, 1969. 308 с.
12. Денисов Н.Я., Вилло А. Свойства слабых глинистых грунтов, их природа и методы оценки//Мат. Всесоюзн. совещ. по строительству на слабых водонасыщенных глинистых грунтах. Таллин, 1965. С.21-30.
13. Закоптелов В.Е. Роль суффозии при инженерно-геологических изысканиях на территориях крупных промышленных городов // Инженерная геология Западного Урала: Тез. докл. Пермь, 1982. С.71-72.
14. Котлов Ф.В. Антропогенные геологические рельефообразующие процессы и явления // Современные экзогенные процессы рельефообразования. М.: Наука, 1977. С.37-47.
15. Эрозионные процессы. Под ред. Н.И. Маккавеева, Р.С. Чалова. М.: Изд-во «Мысль», 1984. 256 с.
16. География овражной эрозии. Под ред. Е.Ф. Зориной. М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.
17. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 255 с.
18. Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 1998. 274 с.
19. Зайцева М.Ю., Рысин И.И. Влияние геолого-геоморфологических факторов на рост оврагов в Удмуртии. Вестник Удмурт. ун-та, Сер. Биология. Науки о Земле, 2017. Т. 27, вып. 1. С. 87–97.
20. Рысин И.И., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю., Голосов В.Н. Линейный прирост оврагов Вятско-Камского междуречья на рубеже XX и XXI столетий. // Вестник Моск. ун-та, Сер. 5. География, 2017, № 1. С. 63–72.
21. Рысин И.И., Голосов В.Н., Григорьев И.И., Зайцева М. Ю. Влияние изменений климата на динамику темпов роста оврагов Вятско-Камского междуречья. // Геоморфология, 2017. № 1. С. 90–103.
22. Григорьев И.И., Рысин И.И. Техногенные овраги на территории Удмуртии. Казань: Изд-во Удмурт. ун-та, Изд-во АН РТ, 2017. 190 с.

23. Косов Б.Ф., Константинова Г.С., Дьяченко И.С. Оценка овражной опасности территории по коэффициенту протяженности и плотности оврагов. // Оценка и картирование эрозионно-опасных и дефляционно-опасных земель. М.: Изд. МГУ, 1973. С. 85-88.

Yuminov V.A., Rysin I.I.

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF EXOGENIC GEOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL PROCESSES (ON THE EXAMPLE OF THE LENIN DISTRICT OF IZHEVSK)

Summary. The article presents the results of the study of exogenic geological and geomorphological processes (suffosion, flooding and erosion processes) in the Leninsky district of the city of Izhevsk. The study of the development of suffosion, flooding, erosion processes, assessment of the degree of their manifestation was carried out on the basis of the results of route engineering and geological surveys. Calculation of indicators characterizing exogenic processes was carried out using topographic maps of scale 1: 25 000. When processing the obtained indices, constructing spreadsheets and zoning of exogenic processes, the computer program "ARCGIS" was used. The zoning of the territory of the study area according to the degree of development of exogenic processes was carried out on the basis of the total scoring of the indicators. As a result, in the territory of the Leninsky district of Izhevsk, five zones of development of suffosion processes and four zones are distinguished, differing in the degree of activity of erosion processes and flooding. At the last stage, the total activity of exogenic processes was estimated taking into account the technogenic load.

Keywords: exogenic processes; suffosion; flooding; erosion; sketch map; Leninsky district; the city of Izhevsk.

Рысин Иван Иванович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования
E-mail: rysin@udsu.ru

Rysin Ivan Ivanovich, doctor of geography, professor, head of department of ecology and nature management
E-mail: rysin@udsu.ru

Юминов Владислав Алексеевич, Магистрант кафедры экологии и природопользования,
E-mail: univlad@mail.ru
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1
Тел.: (3412) 91-64-33

Yuminov Vladislav, magistr of department of ecology and nature management
E-mail: univlad@mail.ru
Udmurt State University

Universitetskaya str., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034