

ны концентрации Ni, Cr, Mn, Zn, V, Cu, Ba и некоторых других элементов, причём их содержание варьирует от несколько выше фоновых до превышающих ПДК. Например, в Полоцке локально количество Zn в почвенных пробах превышает 2 000 мг/кг, Pb – 150 мг/кг, в Витебске повышены концентрации Pb, Cu, Ni до 100 мг/кг, у базы «Вторчермета» Cu, Zn, Pb, Cr – 1 000 мг/кг; заметно выше фоновых в Новополоцке величины Cd, Zn, Pb, Cu [7].

В связи с этим в пределах крупных городов на крупномасштабных картах можно выделить зоны экологического кризиса, которые в Витебске, Полоцке и их окрестностях составляют не более 5 % всей площади населённых пунктов, в Новополоцке – до 10–15 %.

Загрязнение почвенных горизонтов происходит также вокруг свалок, где концентрации Ni, Cr, Mn, Zn, Pb, Cu и др. превышают фоновые значения, а иногда и ПДК [8], и в полосе 100–150 м вдоль транспортных магистралей.

Библиографические ссылки

1. Современная динамика рельефа Белоруссии / Под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. Минск: Навука і тэхніка, 1991. 102 с.
2. Матвеев А. В. Особенности современного морфогенеза на территории Беларуси // Вопр. географии. Сб. 140. М.: Изд. дом «Кодекс», 2015. С. 380–385.
3. Эрозионные процессы / Под ред. Н. И. Маккавеева, Р. С. Чалова. М.: Мысль, 1984. 256 с.
4. Чистик О. В. Деградация почв вследствие проявления водно-эрозионных процессов // Регион. проблемы экологии: пути решения: Материалы IV Международ. экол. симп. Новополоцк, 2007. Т. 1. С. 260–264.
5. Галкин А. Н., Матвеев А. В., Павловский А. И., Санько А. Ф. Инженерная геология Беларуси: в 3 ч. Ч. 2. Инженерная геодинамика Беларуси / Под ред. В. А. Королёва. Витебск: Изд-во ВГУ им. П. М. Машерова, 2017. 456 с.
6. Бамбалов Н. Н., Бельский С. Г., Смирнова В. В., Ракович В. А. Торф // Полезные ископаемые Беларуси. Минск: Адук. і вых., 2002. С. 182–194.
7. Матвеев А. В., Бордон В. Е. Геохимия четвертичных отложений Беларуси. Минск: Беларус. навука, 2013. 191 с.
8. Волкова Н. П., Лебедева Л. Д. Полигоны ТБО и ТПО как фактор дестабилизации природных комплексов // Материалы респ. науч. конф. Минск, 2002. С. 44–48.

УДК 553(476):624.131(476)

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКЗОГЕННЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

А. И. Павловский¹, А. Н. Галкин², О. В. Шершнёв¹

¹Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
ул. Советская 104, 246019 Гомель, Республика Беларусь; airavlovsky@mail.ru

²Витебский государственный университет им. П. М. Машерова,
пр. Московский 33, 210038 Витебск, Республика Беларусь; galkin-alexandr@yandex.ru

Инженерная геология, исследует геологические процессы в специальном плане анализируя их развитие под влиянием природных и техногенных факторов для целей инженерно-хозяйственного освоения территорий, причём в освоенных человеком

районах значение инженерно-геологических процессов в быстром изменении геодинамической обстановки является наиболее важным.

Современные инженерно-геологические процессы на территории Беларуси развиваются довольно интенсивно, что выражается в формировании различных форм рельефа и накоплении определенных видов грунтов, которые, в сущности, являются материальной (внешней) формой проявления данных процессов.

Основой для развития инженерно-геологических процессов, кроме иных факторов служит дезинтеграция горных пород, или выветривание. Территория Беларуси находится в умеренном климатическом поясе. Изменение минерального состава пород коры выветривания в результате замещения первичных минералов вторичными в условиях умеренного климата незначительно и наблюдается лишь в верхах разреза. Для магматических и сильнометаморфизованных пород кислого состава оно сводится к замещению биотита хлоритом и гидрослюдами и полевых шпатов каолинитом. Мощность полностью измененной дисперсной зоны составляет 0,1–0,5 м.

В коре выветривания основных пород преобладает обломочная зона. Нижняя её часть представлена обычно глыбами и обломками слабовыветрелых пород. Вторичные изменения проявляются в образовании оксидов железа и галлуазита за счёт темноцветных минералов, повышении содержания Al_2O_3 и снижении SiO_2 . Для щебнистой зоны характерно наличие обломков выветрелых глиноподобных пород, сохранивших структуру материнских, так называемый «гнилой камень». В этой зоне преобладают вторичные минералы монтмориллонит–галлуазитового состава, присутствуют оксиды и гидрооксиды железа. В случае наличия дисперсной зоны, последняя представлена глинистыми образованиями с преобладанием монтмориллонита. В этой зоне полностью отсутствуют первичные минералы. Для основных пород характерны те же изменения физико-механических свойств, что и для кислых.

Несколько по-иному происходит выветривание осадочных горных пород, поскольку многие из составляющих их минералов устойчивы в зоне гипергенеза. Но также как и в случае с магматическими породами, на ход процесса, состав и состояние элювия осадочных пород, влияют первоначальный вещественный состав и климат. Наиболее быстро разрушаются породы со слабыми связями: морские глины, алевролиты, аргиллиты, полимиктовые песчаники и т. д.

Современные экзогенные инженерно-геологические процессы проявляются на территории Беларуси повсеместно, их интенсивность и локализация зависит от целого ряда факторов и условий.

Эрозионные процессы представлены единым водно-эрозионно-аккумулятивным циклом, развивающимся по принципу катены: плоскостной смыв и аккумуляция – овражная эрозия и аккумуляция – речная эрозия и аккумуляция.

Распространение плоскостной эрозии на территории Беларуси. Плоскостной смыв – один из наиболее активных современных геологических процессов, он наблюдается при крутизне поверхности от 1° и более и изменяется от 0 до 7–10 мм/год, при средних значениях для региона 0,42 мм/год. На краевых ледниковых возвышенностях, сложенных с поверхности часто легкоразмываемыми песчаными, супесчаными и лёссовидными отложениями, плоскостной смыв в среднем измеряется 1,4–4 мм/год. Максимальные величины сноса могут достигать 8 мм/год и более. Так, на Гродненской возвышенности значения плоскостного смыва составляют в среднем 4,8 мм/год, Волковысской – 6, Новогрудской – 5,6, Минской – 11,2, Ошмянской – 4,5, Оршанской – 8,8 мм/год. Повышенные значения плоскостного смыва также характерны для краевых ледниковых комплексов Поозерья

(0,8–6 мм/год) и Мозырской гряды (1,6–7,2 мм/год), а на участках Горецкой и Могилёвской равнин, где развиты мощные лёссовидные отложения, этот показатель достигает 10,4 мм/год. Минимальные же значения или полное отсутствие плоскостной эрозии отмечаются на равнинах и низменных пространствах Полесья, Полоцкой, Нёманской и других низин (0,6–0,008 мм/год) [4].

Распространение овражной эрозии на территории Беларуси. В пределах Беларуси с работой временных линейных водотоков связано формирование густой сети оврагов и балок, площадь которой по оценочным данным составляет около 14 тыс. км² или примерно 7 % всей территории страны. Наиболее широко линейная эрозия проявляется в пределах краевых ледниковых возвышенностей: Минской, Новогрудской, Ошмянской, Гродненской, Оршанской, Витебской, Волковысской и др., а также на значительных участках Могилёвской и Горецкой равнин и в прибрежных частях крупных речных долин (рр. Днепр, Нёман, Зап. Двина, Березина, Сож и др.). На этих участках плотность и густота овражно-балочной сети достигает максимальных значений – плотность 4–6 шт/км², реже до 7–10 шт/км², а густота – 0,7–0,9 км/км², на отдельных площадях Новогрудской и Мозырской возвышенностях до 5–7 км/км². В наименьшей степени эрозии временных водотоков подвержены участки Загородья, Высоковской и Чечерской равнин, где плотность эрозионных форм не превышает 1 шт/км², а густота эрозионной сети измеряется 0,1–0,4 км/км², в то время как на остальной территории с распространением овражно-балочного рельефа эти показатели составляют соответственно 1–2 шт/км² и 0,4–0,5 км/км². По расчётам современные средние скорости овражной эрозии изменяются в пределах 0,3–3,5 м/год [4]. Наиболее интенсивный рост оврагов отмечен на Мозырской, Новогрудской возвышенностях, Могилёвской и Горецкой равнинах. Здесь измеренные средние скорости составляют порядка 0,9–3,5 м/год.

Распространение речной эрозии на территории Беларуси. В условиях страны по интенсивности эрозионно-аккумулятивной деятельности и грандиозности созданных форм рельефа работа рек не имеет себе равных среди современных геологических процессов. Результатом этой деятельности является густая сеть речных долин, общая протяженность которой составляет около 90 тыс. км. Представления о размерах образованных форм и объёмах аллювиальных аккумуляций могут быть получены при рассмотрении параметров наиболее крупных долин. Например, по имеющимся данным [1], р. Зап. Двина на территории республики выработала долину протяженностью 328 км. Глубина её вреза за голоценовое время в основном изменяется от 20 до 40 м, ширина – от 3–4 до 10–15 км. Значительная часть долины заполнена аллювием, мощность которого колеблется от 0,5–1 до 8–10 м (иногда до 16 м). Общий объём эродированного рекой материала составляет 1,1 млрд м³, объём отложенного аллювия – 0,5 млрд м³.

Долина р. Нёман имеет в Беларуси протяженность 459 км. Глубина голоценового вреза составляет преимущественно 10–40 м, а ширина – от 0,1–0,5 до 4–5 км. Мощность аллювия 3–9 м. Рекой эродировано около 19 млрд м³ отложений, а объём аккумулятивной деятельности оценивается 7,5 млрд м³.

Долина р. Днепр на территории республики имеет длину 700 км. Глубина вреза за голоцен варьирует от 17 до 35 м, ширина – от сотен метров до 5 км и более. Мощность пойменного аллювия составляет 10–20 м. Общий объём эродированных отложений примерно достигает 70 млрд м³, а аллювия 52,5 млрд м³.

Значительная эрозионно-аккумулятивная работа производится крупными притоками Днепра – рр. Припятью, Березиной и Сожем. Так, глубина вреза Припяти при

выработке поймы, прослеживающейся на расстоянии 548 км, изменяется в интервале 5–12 м, ширина – от 1–2 до 16–18 км. Мощность аллювия варьирует от 10 до 18 м. Полный объем выработанной долины достигает 44 млрд м³, в том числе 34 млрд м³ в настоящее время заполнено аллювием. Березина – единственный из крупных водотоков (длина 613 км), который начинается и заканчивается в Беларуси. Пойменная часть её долины имеет ширину от нескольких сотен метров до 3–5 км и более. Врез за голоцен в основном составил 19–25 м, мощность накопленного за это время аллювия достигает 15–18 м. Объем выработанной долины составляет 29 млрд м³, а количество отложенного в ней аллювия – 22,5 млрд м³. Долина Сожа протягивается в пределах республики на 493 км, её пойменный врез достиг 12–25 м. Ширина сформированной за голоценовое время террасы варьирует от 1–2 км до 5–6 км, мощность аллювия в среднем составляет 8–10 м (до 15 м). Общий объем вреза измеряется примерно 31 млрд м³, а объем накопившегося в пойме аллювия достигает 19 млрд м³.

Остальные реки Беларуси имеют меньшие параметры долин, но тем не менее эффект их геологической деятельности весьма значителен. При достаточно большом количестве водотоков – 20,8 тыс., суммарный объем эродированного ими материала составляет 163 млрд м³, а отложенного аллювия – 104 млрд м³.

Для большинства рек характерен интенсивный подмыв и разрушение правобережных склонов речных долин. Эрозионная деятельность рек развита вдоль русла, где в местах дугообразных и коленообразных изгибов подмывается уступ пойменной, а иногда и надпойменных террас и коренных отложений. Эрозионные процессы действуют круглогодично, но максимальная интенсивность наблюдается в периоды половодий и паводков, когда происходит увеличение живой силы потока. Уровни рек поднимаются на 3,5–5,5 и более метров, в результате чего пойма затопливается и происходит разрушение и подмыв уступов террас и склонов коренных берегов, провалы шеек меандров.

Абразионные процессы на территории Беларуси можно наблюдать на северо-восточных берегах озёр Нарочь и Мястро, на берегах водохранилищ Вилейское, Вяча, Заславское, Лепельское, Осиповичское, Погост и др. В отдельных районах страны остались следы абразии, которая развивалась на берегах крупных приледниковых озёр – Скидельского, Суражского, Полоцкого, где высота древних обрывов достигает 3–4 м, а у подножия располагаются большие скопления гравия и валунов.

По современным оценкам специалистов из 120 эксплуатируемых водохранилищ в Беларуси с суммарной длиной береговой линии около 1 300 км, от 30 до 40 %, а в некоторых случаях до 70 % составляют берега абразионного типа [5]. Ширина зоны переработки в зависимости от различных факторов колеблется в среднем за период эксплуатации от 5 до 20 м, достигая местами 33 м (вдхр. Лепельское). При этом объёмы размываемого грунта могут составлять от 4 до 57 м³ на 1 м погонной длины.

Гравитационные склоновые процессы получили широкое развитие на территории Беларуси. Среди них выделяются процессы, протекающие с высокой скоростью (обвалы, осыпи, оползни) и медленное перемещение материала на склонах – крип. Наибольшим площадным развитием пользуется последний. Обвалы, осыпи и оползни чаще всего приурочены к долинам крупных рек и некоторых их притоков, особенно на тех участках, где водотоки прорезают возвышенности и гряды. Заметно эти процессы проявляются на площадях развития крупных овражно-балочных систем, в прибрежной полосе ряда озёр и водохранилищ, а также почти во всех карьерах и на некоторых дорожных выемках.

Суффозионные процессы на территории страны распространены довольно широко и встречаются примерно на 1/4 всей площади республики [2]. Благоприятные условия для её развития складываются в пределах равнин и низин (Лучосинской, Горецкой, Могилёвской, Костюковичской, Чечерской, Стрешинской, Хойникской и др.), а также возвышенностей (Минской, Новогрудской, Оршанской, Копыльской, Мозырской и др.) с покровом лёссовидных образований. Количество и размер западин находится в прямой зависимости от мощности лёссовидных отложений (70 % общей площади западин приходится на участки с мощностью лёссовидных отложений более 4 м). Наибольшая плотность суффозионных форм (70–80 шт/км² и более) приурочена к районам с волнистым (превышения 6–7 м) и пологоволнистым (превышения 2–3 м) рельефом и мощным (до 10–12 м) чехлом лёссовидных отложений. Такие условия для развития суффозионных процессов сложились в восточной части Могилёвской и на Горецкой равнинах [2].

Техногенная суффозия встречается во всех крупных населённых пунктах Беларуси. Утечки из водонесущих коммуникаций, вскрытие водоносных горизонтов выработками, работа дренажных систем и водозаборных скважин способствуют активному развитию суффозионных процессов [3].

Распространение *карстовых процессов* определяется масштабами и частотой встречаемости карстующихся пород в приповерхностной части земной коры. В пределах Беларуси среди карстующихся пород в разрезе платформенного чехла наибольшим распространением пользуются известняки, доломиты, мергельно-меловые толщи и галоидные породы, соответственно на территории страны можно наблюдать карбонатный и соляной карст.

Распространение *просадочных процессов и явлений* на территории Беларуси связано с распространением лёссовых отложений. Занимаемая ими площадь составляет до 15 % всей территории республики и распространены преимущественно лёссовидные образования, типичные лёссы прослеживаются только на небольших участках.

Они имеют покровное залегание, подстилаются разнообразными по строению и составу флювиогляциальными, озерно-ледниковыми, ледниковыми, аллювиальными, озёрными и другими генетическими аккумуляциями четвертичной толщи, распространены довольно крупными массивами и относительно небольшими островами в пределах самых различных геоморфологических элементов. западины и воронки.

Основные площади лёссовых пород расположены между рр. Днепр и Березина, а также Днепр и Сож (Лиозненский, Оршанско-Могилёвско-Мстиславский и Гомельский массивы). Широкое распространение они получили в пределах Минской и Новогрудской возвышенностей (Минский и Новогрудско-Кореличский массивы), Копыльской гряды (Слуцко-Копыльский массив). Развита лёссовые породы также на северо-восточных склонах Мозырской гряды, в основном, на склонах, обращенных к Припяти, участками попадают в Полесье (Туровский и Хойникско-Брагинский массивы).

Наиболее типичные и мощные лёссы обладают максимальной просадочностью при избыточном увлажнении и дополнительной нагрузке до 30 см. В связи с повышенной пылеватостью лёссовые грунты Беларуси характеризуются лёгкой размокаемостью и тиксотропностью.

На территории страны *процесс подтопления* получил определенное распространение. В большинстве случаев он носит локальный характер и довольно быстро

ликвидируется. Но известно немало случаев, когда подтопление приводило к созданию постоянных или временных, с достаточно длительным сроком существования водоносных горизонтов. Такие инженерно-гидрогеологические горизонты, наряду со спорадическим обводнением, получили развитие во многих городах и поселках городского типа Беларуси.

Распространение процесса затопления в Беларуси. По повторяемости, площади распространения и суммарному среднему годовому материальному ущербу в масштабах страны наводнения занимают первое место в ряду стихийных бедствий. Особенно часто катастрофические разливы в периоды половодий и паводков наблюдаются на реках Белорусского Полесья – рр. Западном Буге, Мухавце, Припяти, Пине, Ясельде, Горыни, Птичи, Случи, Уборти. Кроме весеннего половодья, для рек Беларуси характерны также и дождевые паводки, которые могут наблюдаться от 1–2 до 3–4 раз в году.

В пределах страны *процессы заболачивания*, накопление торфа и формирование болотных равнин и низин происходит на довольно значительных территориях. В основном болота приурочены к поймам и пониженным участкам террас речных долин, озёрно-аллювиальным и водно-ледниковым равнинам и низинам, озёрным котловинам, денудационным ложбинам, а также к суффозионным и термокарстовым западинам. Общая площадь заторфованных низин и равнин в республике составляет около 2,4 млн га или около 11,5 % всей территории.

Распространение эоловых процессов на территории Беларуси. Ветровая деятельность наблюдается практически на всей территории республики. Проявляется она, главным образом, в виде дефляции (в т.ч. пыльных бурь) и аккумуляции. При этом следует заметить, что в условиях страны на развитие эоловых процессов накладывается множество ограничений. В частности, зональный лесной тип растительности полностью исключает возможность ветровой эрозии и эоловой аккумуляции в естественных условиях. Возможным эоловые процессы становятся только при интенсивной хозяйственной освоенности территорий.

Морозное пучение широко распространено на территории страны [1]. Его можно наблюдать каждую зиму во многих городах республики. Выражается оно, главным образом, в виде деформаций дорожного покрытия, а также зданий и сооружений. Наиболее часто проявление данного процесса наблюдается на северо-востоке Беларуси.

На территории Беларуси современные геологические и инженерно-геологические процессы и явления весьма специфичны, многочисленны и достаточно разнообразны. В большинстве своем все эти процессы являются неблагоприятными и существенно осложняют инженерно-хозяйственное освоение как крупных по площади территорий, так и локальных участков Беларуси, что, несомненно, обуславливает необходимость повышения внимания к инженерно-геологическим исследованиям и изысканиям на территории республики. Без учёта инженерной геодинамики невозможно развитие всего инженерно-хозяйственного комплекса Беларуси.

Библиографические ссылки

1. Галкин А.Н., Матвеев А.В., Павловский А.И., Санько А.Ф. Инженерная геология Беларуси: в 3 ч. Ч. 2. Инженерная геодинамика Беларуси / Под ред. В. А. Королёва. Витебск: Изд-во ВГУ им. П. М. Машерова, 2017. 456 с.

2. Корсакова О. П. Геоморфологическая роль суффозии в лёссовых породах Белоруссии: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М: МГУ, 1990. 23 с.

3. *Котлов Ф. В.* Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М.: Наука, 1977. 172 с.
4. *Павловский А. И.* Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси. Минск: Навука і тэхніка, 1994. 102 с.
5. *Широков В. М., Лопух П. С.* Переработка берегов водохранилищ Белоруссии (основные типы и стадии развития) // Современные рельефообразующие процессы / Под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. Минск: Наука и техника, 1986. С. 95–102.

УДК 624.131:504.5 (075.8)

ТЕХНОГЕННЫЕ НАМЫВНЫЕ И НАСЫПНЫЕ ГРУНТЫ: СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ

А. Н. Галкин¹, А. И. Павловский², О. В. Шершнёв²

¹Витебский государственный университет им. П. М. Машерова,
пр. Московский 33, 210038 Витебск, Республика Беларусь; galkin-alexandr@yandex.ru

²Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
ул. Советская 104, 246019 Гомель, Республика Беларусь; airavlovsky@mail.ru

На поверхности литосферы при проведении различных строительных и горных работ, в результате производственной деятельности человека образуется достаточно большое количество отложений, представляющих собой или отходы хозяйственной деятельности человека (отвалы шахт, заводов, городские свалки и т. д.), или отложения, специально созданные человеком в строительных и производственных целях (намывные грунты, грунты обратной засыпки, насыпи дорог и т. д.). Эти образования получили название техногенных грунтов.

Техногенные грунты широко распространены на селитебных территориях, в местах добычи и переработки полезных ископаемых, вдоль линейных сооружений различного назначения, на сельскохозяйственных землях и др. Процесс их образования и накопления с наибольшей интенсивностью происходит главным образом в районах крупных городов и промышленных объектов. Объём этих отложений значителен и постоянно возрастает. К началу XXI в. мировой объём всех разновидностей техногенных осадков достиг 1 500 млрд м³. Не является исключением в этом процессе и территория Беларуси. По региональной оценке, выполненной А. В. Матвеевым с сотрудниками (1991), техногенные отложения на территории республики встречаются повсеместно. По их подсчётам за последние два века в стране под влиянием антропогенного фактора перемещено примерно 10 млрд м³ грунтов, а с учётом вспашки – около 25 млрд м³. При этом авторы оценки отмечают, что техногенное преобразование грунтов на территории Беларуси происходило и происходит крайне неравномерно. Даже средние значения коэффициента техногенной трансформации грунтов (в десятках тысяч метров кубических на квадратный километр) варьируют в интервале от 4,7 до 34,3, локальные же показатели изменяются практически от нуля до 4 000.

Техногенные грунты относятся к специфическим грунтам. Они характеризуются неоднородным составом и строением, высокой изменчивостью свойств в пространстве и во времени. Массивы техногенных грунтов образуют своеобразные формы техногенного рельефа. Составление прогноза взаимоотношений массивов техногенных грунтов с окружающей природной средой представляется сложной задачей. Специальные исследования техногенных грунтов при инженерно-