

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ****EARTH SCIENCES**

УДК 551.3:631.459.2(476.1)+(476.4)+(476.6)  
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-6-622-630>

Поступило в редакцию 13.06.2022  
Received 13.06.2022

**Е. А. Кухарик, академик А. В. Матвеев**

*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВОДНО-ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ**

**Аннотация.** Анализируются результаты выполненных исследований современных водно-эрозионных процессов на территории Центральной Беларуси. Рассмотрен механизм плоскостной, овражной и речной эрозии, установлены площади их развития и рассчитаны показатели ежегодного эрозионного сноса, определен вклад каждого из процессов в динамику рельефа земной поверхности изученного региона. Показано, что водно-эрозионные процессы приводят к заметным негативным последствиям для окружающей среды, нарушению (вплоть до разрушения) природных и природно-техногенных объектов, существенному экономическому ущербу.

**Ключевые слова:** водно-эрозионные процессы, плоскостная эрозия, овражная эрозия, речная эрозия, современная геодинамика, Центральная Беларусь

**Для цитирования.** Кухарик, Е. А. Особенности проявления современных водно-эрозионных процессов на территории Центральной Беларуси / Е. А. Кухарик, А. В. Матвеев // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 6. – С. 622–630. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-6-622-630>

**Evgeniy A. Kukharik, Academician Aleksey V. Matveyev**

*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

**FEATURES OF MANIFESTATION OF MODERN WATER-EROSION PROCESSES IN THE CENTRAL BELARUS TERRITORY**

**Abstract.** The article presents the results of study of the modern water-erosion processes in the Central Belarus territory. The mechanisms of sheet, gully and river erosion are considered. The areas of development of these processes are established and the parameters of annual erosion drift are calculated. The contribution of each process to the dynamics of the earth's surface relief of the region under study is determined. It is shown that the development of water-erosion processes lead to noticeable negative consequences for environment, disruption (up to destruction) of natural and natural-technogenic objects, and significant economic damage.

**Keywords:** water-erosion processes, sheet erosion, gully erosion, river erosion, modern geodynamics, Central Belarus

**For citation.** Kukharik E. A., Matveyev A. V. Features of manifestation of modern water-erosion processes in the Central Belarus territory. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2022, vol. 66, no. 6, pp. 622–630 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-6-622-630>

**Введение.** Процессы экзогенной (внешней) геодинамики играют важную роль в современной трансформации облика земной поверхности территории Беларуси. Из их числа наиболее активно проявляющимися являются водно-эрозионные процессы, такие как плоскостная, овражная и речная эрозия. Их развитие сопровождается перемещением огромных объемов грунтов, вызывает негативные последствия для окружающей среды и наносит существенный ущерб экономике. Это предопределило тот факт, что изучению водно-эрозионных процессов в настоящее время уделяется серьезное внимание во многих развитых странах мира, в том числе и в Беларуси. Оригинальные результаты исследований по проблемам эрозиоведения опубликованы как специа-

листами в области наук о Земле [1–4], так и учеными-аграриями [5–7]. В настоящее время в Институте природопользования НАН Беларуси проводится комплексное изучение проявлений современных водно-эрозионных процессов в пределах центральнобелорусского региона. Эта территория представляет большой интерес для подобного рода исследований, так как особенности геолого-геоморфологических и климатических условий, высокая степень техногенной трансформации и сельскохозяйственной освоенности благоприятствуют развитию эрозионных процессов. Полученные результаты по особенностям проявления плоскостного смыва, овражной и речной эрозии представлены в настоящем сообщении.

**Материалы и методы исследований.** При проведении исследований использовалась комплексная методика, включающая анализ опубликованных и фондовых источников, полевые маршрутные наблюдения и замеры, изучение дистанционных материалов, описаний разрезов буровых скважин, картометрические и картосоставительские работы. Для определения и картирования площадей, подверженных развитию плоскостной эрозии, применялась опубликованная методика, разработанная в Государственном гидрологическом институте<sup>1</sup>. Составление карт и обработка иллюстративного материала производились в настольной геоинформационной системе QGIS 3.22.1 и графическом редакторе CorelDRAW 2018.

**Результаты и их обсуждение.** На территории Центральной Беларуси *плоскостная эрозия* (плоскостной, делювиальный смыв/снос) является одним из наиболее активных современных геологических процессов. Его проявления территориально отмечаются преимущественно в западной и северо-восточной частях исследуемого региона, на наиболее возвышенных, лишенных растительного покрова и интенсивно обрабатываемых участках Копыльской и Ошмянской гряд, Минской, Гродненской, Волковысской, Новогрудской и Оршанской возвышенностей, Горецкой и Могилевской равнин (рис. 1).

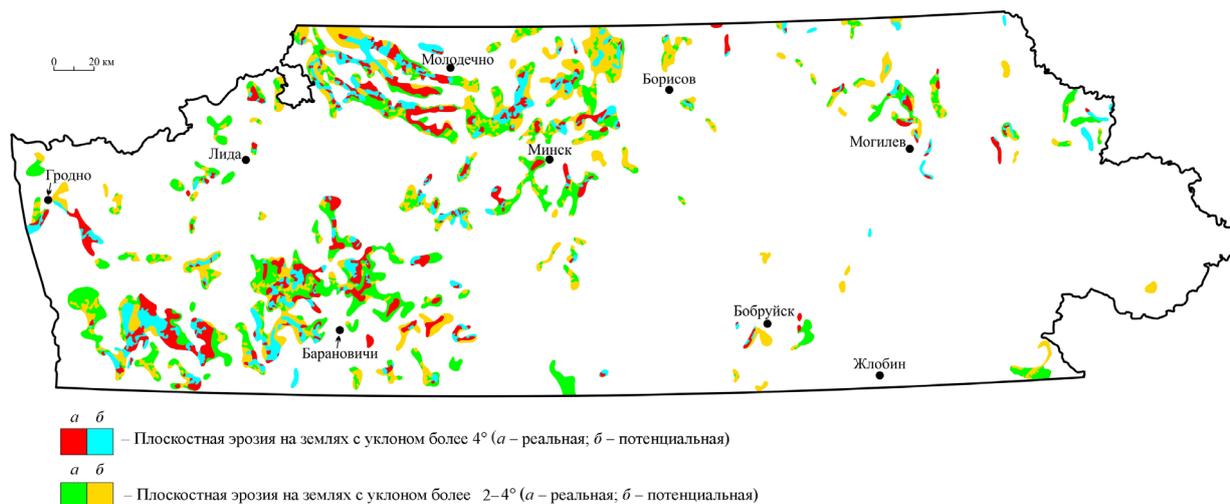


Рис. 1. Схема проявления плоскостной эрозии на территории Центральной Беларуси

Fig. 1. Scheme of the sheet erosion manifestation in Central Belarus territory

Плоскостная эрозия развивается при уклоне земной поверхности 1° и более [3] и провоцируется поверхностным стоком, который возникает в период снеготаяния или при выпадении жидких атмосферных осадков. Механизм эрозионного процесса реализуется в формировании лавовых потоков и ручейков на земной поверхности (рис. 2), а особенности его развития зависят от ряда факторов: геоморфологического, климатического, почвенно-растительного, антропогенного и др. [2]. На современном этапе важнейшим из факторов, предопределяющим проявление плоскостной эрозии на территории Центральной Беларуси, является хозяйственная деятельность

<sup>1</sup> Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР: ВСН 04-77: утв. Госгидрометом [и др.] в 1977 и 1978 гг. – Л., 1979. – 62 с.



Рис. 2. Ручейковая сеть на лишенном растительности нераспахиваемом склоне севернее д. Пралески Молодечненского района Минской области

Fig. 2. Creek erosion on non-plowed devegetated slope on the north of the Pralieski village, Molodechno district, Minsk region

интенсивности плоскостного смыва относительно уклона местности: менее  $2^\circ$ , ( $2-4^\circ$ ) и более  $4^\circ$ . Следует отметить, что смыв на участках с уклоном земной поверхности менее  $2^\circ$  преимущественно компенсируется естественными почвообразовательными процессами, поэтому к категории эрозионноопасных отнесены площади с крутизной более  $2^\circ$  [2]. Данные по интенсивности смыва в зависимости от крутизны склона приведены в [7]. Так, на участках с уклоном  $3^\circ$  ежегодный смыв составляет 5 т/га ( $312 \text{ м}^3/\text{км}^2$ ), для площадей с крутизной  $5^\circ$  снос равен 10 т/га ( $625 \text{ м}^3/\text{км}^2$ ) и более.

Площадь участков с уклоном земной поверхности более  $4^\circ$  на территории Центральной Беларуси составляет  $2190 \text{ км}^2$  (2,3 % от общей площади региона). В результате плоскостного смыва ежегодно на этой территории перемещается около 1,37 млн  $\text{м}^3$  грунтов (2,2 млн т). При этом значительный объем эродированного материала поступает в открытую гидросеть, частично аккумулируется у подножий склонов, формируя делювиальные шлейфы мощностью до 4–5 м [3]. На незначительных по площади участках Минской возвышенности, характеризующихся контрастным и пересеченным рельефом, а также Горецкой и Могилевской равнин с наличием в разрезе покровных отложений лессовидных пород, при использовании земель под пропашные культуры интенсивность плоскостного смыва может достигать экстремальных значений – до 11,2 мм/год (Минская возвышенность) и 10,4 мм/год (Горецкая и Могилевская равнины). Площадь земель с уклоном более  $4^\circ$ , покрытых растительностью и обладающих потенциальной возможностью проявления плоскостной эрозии, составляет  $2100 \text{ км}^2$  (2,2 % от общей площади региона).

Совокупная площадь земель с крутизной склонов ( $2-4^\circ$ ) в пределах исследуемого региона составляет около  $4000 \text{ км}^2$  (4,2 % от общей площади региона). Примерно столько же занимают участки с уклоном ( $2-4^\circ$ ), на которых отмечена потенциальная возможность проявления плоскостной эрозии. Объем ежегодно эродируемого материала оценивается в 1,24 млн  $\text{м}^3$  (1,98 млн т).

Всего при проявлении плоскостной эрозии ежегодно перемещается около 2,6 млн  $\text{м}^3$  грунтов, а средний рассчитанный показатель сноса с  $1 \text{ км}^2$  территории Центральной Беларуси равен  $27,4 \text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$ , или  $43,9 \text{ т}/\text{км}^2/\text{год}$ . Полученные значения объема перемещаемых грунтов в результате проявления этого процесса позволили вычислить мощность слоя денудации земной поверхности региона, который составил 0,027 мм/год. Для сравнения, величина денудационного среза в пределах равнин Восточно-Европейской платформы колеблется от 0,05 до 0,025 мм/год [2]. Незначительное превышение полученного нами показателя денудации над приведенными средними значениями может быть объяснено преобладанием в рассматриваемом регионе контрастного краевого ледникового рельефа со значительными площадями распространения лессовидных пород, наиболее подверженных интенсивному смыву в условиях техногенного пресса.

человека. По данным [8] в пределах рассматриваемого региона его вклад составляет 30 %. Вторым по значимости (26 %) является геоморфологический фактор (угол наклона местности, длина и экспозиция склона). Влияние климатических условий на развитие смыва оценивается в 24 % и зависит от суммарного количества осадков, запаса воды в снеге, мощности слоя стока и др. О сезонной динамике плоскостной эрозии в зависимости от климатических особенностей региона можно судить по данным [9], полученным на стационарах. Так, при развитии водной эрозии на талый сток приходится 44 % потерь, а на ливневый – 56 %.

Рассмотренные выше условия возникновения плоскостной эрозии дают возможность перейти к выделению участков, на которых проявляется этот процесс, а также районов с потенциальной возможностью его развития при наличии техногенных факторов. Для этого нами выделено 3 градации площадей по

Учитывая вышесказанное, следует отметить, что на землях, подверженных плоскостному смыву, происходит стремительное разрушение верхней, наиболее плодородной части почвенного профиля, ухудшаются водно-физические свойства и агрохимические показатели почв, происходит вынос элементов питания [3–5]. В результате этого средние недоборы урожая зерновых культур на землях разной степени эродированности составляют 12–40 %, пропашных культур – 20–60 %, льна – 15–50 %, многолетних трав – 5–30 % [7]. Это требует применения противоэрозионных мероприятий, дополнительного сева культур или внесения удобрений. Кроме экономических потерь, плоскостная эрозия негативно сказывается на экологическом состоянии естественных и искусственных водоемов и усиливает их эвтрофикацию. Так, при проявлении этого процесса на водосборах и в акваториях озер и водохранилищ наблюдается увеличение накопления кластогенного материала, что вызывает рост концентраций микроэлементов в осадках и возрастание поступления биогенных элементов [10].

Значительное воздействие на природные комплексы территории Центральной Беларуси оказывает также *овражная эрозия*. В рассматриваемом регионе площади проявления этого процесса приурочены к участкам с наиболее контрастным и сложнопостроенным рельефом – Минской, Гродненской, Волковысской, Новогрудской возвышенностям, Ошмянской гряде, Горечкой и Могилевской равнинам, а также к прибортовым частям речных долин (Днепр, Неман, Сож, Березина и др.) и крупных карьеров (рис. 3).

Важными факторами развития оврагообразования являются климатический (активность снеготаяния, интенсивность выпадения дождей осадков) и геолого-геоморфологический (крутизна, длина и экспозиция склона, глубина местного базиса эрозии, состав и строение толщи покровных отложений, их способность к размыву). Однако на современном этапе определяющее значение принадлежит антропогенному фактору (характер хозяйственного использования территории, уничтожение естественной растительности и дернового покрова, интенсивная распашка земель, перевыпас скота, подрезка крутых склонов речных долин, карьеров, вызывающая перераспределение поверхностного стока и т. д.) [6]. Таким образом, овражная эрозия выступает сопутствующим преимущественно аграрному землепользованию геологическим процессом, хотя также может развиваться при проведении различных строительных работ и добыче полезных ископаемых.

Проявление овражной эрозии сопровождается возникновением ряда специфических форм рельефа – промоин, оврагов, балок и овражно-балочных систем, параметры которых соответствуют определенной стадии развития этого геологического процесса (от I до IV). Особенности конфигурации линейных эрозионных форм, условия и стадийность их образования подробно рассмотрены в [4]. На первой стадии развития овражной эрозии происходит заложение промоин на склонах холмов, речных террас, балок, ложбин, дорожных и карьерных насыпей и выемок. На обрабатываемых склоновых землях, подверженных плоскостному смыву, при значительном

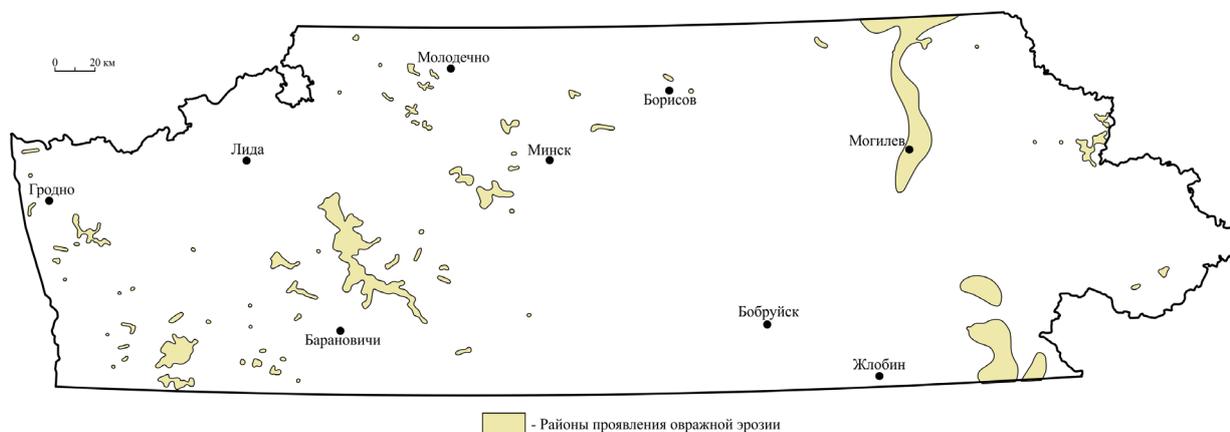


Рис. 3. Схема проявления овражной эрозии на территории Центральной Беларуси

Fig. 3. Scheme of the gully erosion manifestation in Central Belarus territory

объеме поверхностного стока может происходить его концентрация вдоль наиболее крупных элементов ручейковой сети или возникающих при распашке борозд, в результате чего начинается оврагообразование. Длина промоин обычно не превышает 100 м, глубина – не более 2 м, склоны крутые (45–90°), поперечный профиль V-образный или корытоподобный. При дальнейшем развитии эрозионного вреза наступает вторая стадия линейной эрозии с формированием оврага. Длина линейных эрозионных форм второй стадии развития – оврагов – варьирует от 100–110 до 500 м и более, глубина изменяется от 5 до 20–30 м, ширина – 10–50 м, форма поперечного профиля V- или корытообразная, продольный профиль не выработан. Рост оврага может обеспечиваться за счет удлинения верховий или так называемой пятящейся эрозии (регрессивный рост), так и путем врезания в сформированный конус выноса разрушенного материала (трансгрессивный рост). Примером может служить активный овраг длиной около 100 м, развивающийся на северном борту балластного карьера «Радошковичи» (рис. 4). В течение третьей стадии развития овраг вырабатывает профиль равновесия, его русло достигает местного базиса эрозии, гравитационные процессы на склонах проявляются слабо. Длина колеблется от нескольких сотен до 1500 м, глубина – от 5 до 20 м, реже более. Дно и склоны частично или полностью закреплены растительностью, крутизна склонов 10–40°. На четвертой стадии развития линейной эрозионной формы прекращается рост ее основных параметров и формируется балка. Длина балок составляет 1000–2000 м, в исключительных случаях – более 3000 м. Глубина вреза 10–20 м, ширина до 50–100 м. Склоновые процессы не наблюдаются, однако при возникновении благоприятных условий (интенсивная распашка водосбора, выпадение ливневых осадков, понижение местного базиса эрозии) возможна активизация эрозионной деятельности. Часто днище и склоны балок осложнены вторичными проявлениями овражной эрозии с формированием отвершков нескольких порядков. В таком случае происходит формирование овражно-балочной системы длиной 2000–5000 м, шириной по бровке 80–150 м (до 400 м), глубиной вреза до 50 м [4]. Крупные овражно-балочные системы расположены в окрестностях городов Кореличи, Горки, Мстиславль и др.

Своеобразно овражная эрозия проявляется в районах распространения лессовидных отложений. Здесь оврагообразование протекает в виде парагенезиса «суффозия – овражная эрозия», но возможен и обратный сценарий. Так, при распашке территории происходит нарушение залегания верхних слоев толщи лессовидных отложений, создаются условия для формирования типичных суффозионных форм (воронок, колодцев) путем тоннельной эрозии. Движение воды в массиве покровных отложений осуществляется по механизму наследования горизонтальных ходов землероев и других пустот. Этот процесс сопровождается интенсивным размывом пород и выносом продуктов разрушения, в результате чего формируются тоннели, и территориально разобщенные суффозионные воронки и колодцы соединяются во взаимосвязанную систему.



Рис. 4. Активный овраг на северном борту балластного карьера «Радошковичи», Молодечненский район Минской области

Fig. 4. Active gully on the northern side of the ballast quarry «Radoshkovichi», Molodechno district, Minsk region

В дальнейшем кровля перекрывающих пород обрушивается с образованием на земной поверхности отрицательных форм рельефа в виде провалов, просадок, депрессий, на площади которых развивается эрозионный процесс.

С учетом описанных особенностей оврагообразования на территории Центральной Беларуси нами были проведены расчеты площадей, подверженных этому процессу. Так, общая площадь земель, пораженных овражной эрозией в регионе составляет около 1940 км<sup>2</sup> (2 % от общей площади региона). Установлено расположение и определены основные параметры 647 оврагов. Учитывая масштаб выполненных картографических построений, фактическое количество линейных эрозионных форм, очевидно, значительно больше и может достигать нескольких тысяч. Общий объем вынесенных в результате проявления овражной эрозии грунтов оценивается в 12 млн м<sup>3</sup> (19,2 млн т). Если принять для территории Беларуси продолжительность агрикультурного периода

равной 300 годам, то ежегодно в процессе роста оврагов выносятся около 40 тыс. м<sup>3</sup> грунтов, или 20,6 м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> (33 т/км<sup>2</sup>).

Овражная эрозия наносит серьезный ущерб в течение всего времени существования линейных эрозионных форм и на всей их длине, в том числе из-за проявления сопутствующих процессов. По данным [11], на 1 га площади оврага приходится 3–5 га приовражных земель, непригодных для выращивания сельскохозяйственных культур. Проведенные нами расчеты показывают, что на территории Центральной Беларуси в результате развития овражной эрозии затруднено возделывание культур, частично или полностью выведено из сельскохозяйственного оборота около 7,5 тыс. км<sup>2</sup> земель. Значительный материальный ущерб экономике страны наносится оврагообразованием за счет дренирования приовражных земель и выноса питательных веществ. Так, по данным [12] недобор озимой ржи на приовражных землях на территории колхоза «Щорсы» Новогрудского района Гродненской области составил 37,8 %, озимой пшеницы – 36,7 %, овса – 59,6 %, ячменя – 37,5 %, льна – 52,2 % по сравнению с водораздельной равниной. Кроме сокращения площади пашни овражная эрозия может приводить к разрушению дорог, повышению аварийности сельскохозяйственной техники, создает опасность для различного рода построек.

Несмотря на активное проявление в Центральной Беларуси плоскостной и овражной эрозии, наиболее распространенным современным геологическим процессом в регионе является *эрозионно-аккумулятивная деятельность рек*. Параметры создаваемых постоянными водотоками форм рельефа не имеют аналогов среди проявлений других процессов современной геодинамики. Об этом свидетельствует сформированная в пределах рассматриваемого региона сеть долин общей протяженностью более 24300 км. Средняя густота речной сети составляет 0,24 км/км<sup>2</sup>.

Крупнейшими реками региона являются Неман, Березина, Днепр, Сож, Друть, Проня, Птичь, Свислочь. Гидросеть в большинстве своем имеет хорошо развитые долины, в строении которых выделяются пойма и две надпойменные террасы. Исключением является долина р. Неман, в строении которой отмечается четко выраженная в рельефе ниже устья р. Молчадь цокольная третья надпойменная терраса, а также имеющие локальное распространение позднеплейстоценовые террасовые уровни.

Геологическая деятельность постоянных водотоков реализуется по классическому сценарию: разрушение горных пород водным потоком (речная (глубинная и боковая) эрозия), перенос и отложение продуктов разрушения (аккумуляция). Транспортировка материала в русле осуществляется обычно в виде перемещения гряд асимметричной формы, сопровождаемого изменением отметок дна поперек и вдоль русла, при этом процессы разрушения, переноса и накопления материала проявляются сопряженно [2; 13]. Рассмотрим наиболее характерные русловые процессы, развивающиеся на реках Центральной Беларуси.

Свободное меандрирование – наиболее широко представленный русловой процесс на реках Центральной Беларуси. Он развит в верхнем и среднем течении р. Неман и ряда его притоков (Свислочь, Зельвянка, Щара, Гавья, Россь), рек Днепр, Березина, Друть, Сож, Беседь, Птичь, Свислочь и др. Преобладающее влияние на процесс формирования русла оказывает боковая эрозия, а глубинная эрозия проявляется нерегулярно. Плановые перемещения речного русла происходят в хорошо развитых широких и выровненных поймах. Скорость размыва пойменных берегов в излучинах на р. Днепр составляет 5–10 м/год, на р. Сож и Березина в верховьях – до 2 м/год, в среднем течении – 5 м/год, в низовьях – до 10 м/год, на р. Неман выше устья р. Березина – до 1 м/год, на участке от устья р. Березина до устья р. Дитва – 1,5–2 м/год, ниже устья р. Дитва – до 3 м/год [13].

Ограниченное (неразвитое) меандрирование на реках Центральной Беларуси представлено значительно реже по сравнению со свободным. Этот русловой процесс получил развитие на некоторых участках рек Днепр, Сервечь, Остер, Виляя и др. Русло реки характеризуется небольшой извилистостью, располагается в относительно узкой долине, имеющей неширокую пойму.

Ограниченно распространены в пределах исследуемого региона также пойменная и русловая многорукавность и немеандрирующие русла с побочным типом руслового процесса (Днепр, Неман, Котра, Оlsa, Березина, Виляя).

В результате проведения осушительных мелиораций во второй половине XX в. русла многих рек территории Центральной Беларуси были полностью или частично спрямлены или канали-

зированы (Морочь, Неманец, Свислочь, Илия, Случь, Оресса и др.). После подобных трансформаций естественные русловые процессы не проявляются, в руслах рек аккумулируются значительные объемы наносов, поступающих с мелиорированных площадей по каналам, а также при проявлении водно-эрозионных процессов и дефляции на водосборах.

О масштабах эрозионно-аккумулятивной деятельности рек за последние 10–11 тысяч лет можно судить по параметрам наиболее крупных речных долин, объему эродированного и аккумулярованного материала. Так, р. Неман выработала в пределах исследуемого региона долину протяженностью 459 км. Ширина ее колеблется от 1,5 до 5 км, глубина вреза составляет 10–40 м, а мощность аллювия – 3–9 м. Общий объем эродированного рекой материала составляет 34,4 млрд м<sup>3</sup>, а объем накопленного аллювия – 8,3 млрд м<sup>3</sup>.

Долина Березины в пределах исследуемого региона имеет длину 411 км, ширина ее изменяется от 0,1–0,2 до 3–5 км. Глубина вреза оценивается в 19–25 м, мощность аллювия – до 15–18 м. Объем эродированных отложений равен 19,5 млрд м<sup>3</sup>, из которых 14,6 млрд м<sup>3</sup> в настоящее время заполнено аллювием.

Днепр на территории Центральной Беларуси имеет долину протяженностью 348 км и шириной от 0,5 до 5 км. Врез за голоценовое время составил 17–35 м, мощность накопленного за это время аллювия составляет 10–20 м. Объем выработанных отложений достигает 31,7 млрд м<sup>3</sup>, из них не менее 18,3 млрд м<sup>3</sup> заполнены аллювием.

Долина Сожа в рассматриваемом регионе имеет протяженность 311 км и ширину от 1–2 до 5–6 км. Голоценовый врез составляет 12–25 м, мощность аллювиальных аккумуляций – 8–10 м. Всего в течение голоцена эродировано 20,7 млрд м<sup>3</sup> отложений, объем накопленного аллювия – 9,8 млрд м<sup>3</sup>.

Остальные реки Центральной Беларуси имеют значительно меньшие параметры долин. Их ширина преимущественно составляет 0,2–1 км, глубина вреза в большинстве случаев не превышает 4 м, для наиболее крупных притоков рек Днепр, Неман и Березина она может достигать 8 м. Мощность аллювия колеблется главным образом в пределах 3–5 м. Несмотря на это, объем произведенной геологической работы весьма значителен. Так, за голоцен ими было эродировано не менее 49,1 млрд м<sup>3</sup> грунтов, а суммарный объем аккумуляций за этот же временной интервал составляет 32,4 млрд м<sup>3</sup>.

Просуммировав полученные показатели, получаем, что всего в течение голоцена реками на территории Центральной Беларуси было эродировано 155,4 млрд м<sup>3</sup> отложений, а объем аллювиальных накоплений составляет 83,4 млрд м<sup>3</sup>. Согласно выполненным нами расчетам, средний показатель ежегодного сноса реками твердого материала с земной поверхности составляет около 65 м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>, что равно слою пород мощностью 0,065 мм/год, или 65 мм за тысячу лет. Для сравнения, средний слой денудационного среза пород, слагающих верхние горизонты земной коры планеты, в естественных условиях составляет 78 мм за тысячу лет [2]. Рассчитанное нами значение ежегодной денудации превышает опубликованные ранее [14] оценки для всей территории Беларуси (0,03–0,05 мм/год) в 1,3–2,1 раза, что естественно, так как рельеф земной поверхности центрального региона страны характеризуется сложным строением с сочетанием форм различного генезиса.

Как и все виды эрозии, разрушительная деятельность постоянных водотоков может вызывать определенные неблагоприятные последствия для природной среды на локальных участках и ощутимый экономический ущерб. Интенсивное разрушение берегов речными водами приводит к разрушению сельскохозяйственных земель, лесных угодий, дорожных насыпей, аварийным ситуациям на трубопроводах, мостах и других коммуникациях, пересекающих поймы и русла рек. На территории Центральной Беларуси в связи с равнинным характером рельефа и относительно спокойным течением воды в руслах аварийные ситуации фиксируются при сочетании нескольких природных факторов, прежде всего климатических и гидрологических (выпадение большого количества атмосферных осадков за короткий период времени, высокая паводковая активность весной и др.).

Полученные расчетные показатели темпов ежегодной денудации для каждого из рассмотренных в настоящей работе геологических процессов позволяют определить их вклад в современную

трансформацию рельефа земной поверхности территории Центральной Беларуси. Необходимо учитывать, что все виды эрозионно-аккумулятивных процессов взаимосвязаны и взаимообусловлены и развиваются сопряженно во всех звеньях сети водных потоков [2]. Следовательно, вклад речной эрозии в естественную денудацию земной поверхности региона составляет около 60 %, плоскостной эрозии – 40 %, участие овражной эрозии равно долям процента.

**Заключение.** Выполненные исследования показали, что на территории Центральной Беларуси довольно активно и разнообразно проявляются водно-эрозионные процессы. Показано, что среди рассматриваемых процессов наиболее широко представлена эрозионно-аккумулятивная деятельность постоянных водотоков, сформировавшая к настоящему времени сеть речных долин протяженностью более 24300 км. Активными агентами денудации являются также плоскостная и овражная эрозия, развитие которых зафиксировано на площади более 8100 км<sup>2</sup>, что показано на приведенных в тексте схемах. Установлено, что проявление водно-эрозионных процессов наносит ощутимый ущерб экономике страны, обусловленный разрушением площадей сельскохозяйственных угодий, ухудшением свойств почв на прилегающих территориях, необходимостью значительных денежных затрат на разработку и применение противоэрозионных и рекультивационных мер, дополнительное внесение удобрений и т. д.

### Список использованных источников

1. Джеррард, А. Дж. Почвы и формы рельефа. Комплексное геоморфолого-почвенное исследование / А. Дж. Джеррард. – Л., 1984. – 208 с.
2. Эрозионные процессы (географическая наука практике) / М. Ю. Белоцерковский [и др.]; под ред. Н. И. Маккавеева, Р. С. Чалова. – М., 1984. – 256 с.
3. Матвеев, А. В. История формирования рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев; под ред. О. Ф. Якушко. – Минск, 1990. – 144 с.
4. Павловский, А. И. Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси / А. И. Павловский; под ред. А. В. Матвеева. – Минск, 1994. – 106 с.
5. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: в 3 т. / редкол.: А. Л. Иванов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2013. – Т. 1.
6. Евцихевич, В. Н. Эрозия почво-грунтов и борьба с ней / В. Н. Евцихевич. – Минск, 1973. – 192 с.
7. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск, 2019. – 632 с.
8. Черныш, А. Ф. Сравнительная оценка факторов формирования водно-эрозионных процессов в Центральной и Северной почвенно-эрозионных зонах / А. Ф. Черныш, А. Э. Дубовик // Вестн. Бел. гос. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2005. – № 1. – С. 59–64.
9. Черныш, А. Ф. Современные почвенно-эрозионные процессы в Беларуси / А. Ф. Черныш, А. М. Устинова, А. В. Юхновец // Эрозионные и русловые процессы: сб. тр. / под ред. Р. С. Чалова. – М., 2015. – Вып. 6. – С. 27–45.
10. Геохимия озерного седиментогенеза в условиях техногенного влияния / В. А. Кузнецов [и др.] // Литасфера. – 1996. – № 5. – С. 161–171.
11. Зорина, Е. Ф. Эрозия и аккумуляция / Е. Ф. Зорина, Л. Ф. Литвин, Р. С. Чалов // Природные опасности России: в 6 т. / под общ. ред. В. И. Осипова, С. К. Шойгу. – М., 2002. – Т. 3 : Экзогенные геологические опасности / под ред. В. М. Кутепова, А. И. Шеко. – С. 32–65.
12. Лепешев, А. А. Овражная эрозия Новогрудской возвышенности / А. А. Лепешев. – Минск, 2004. – 118 с.
13. Русловой режим рек Северной Евразии (в пределах бывшего СССР) / Р. С. Чалов [и др.]; под ред. Р. С. Чалова. – М., 1994. – 336 с.
14. Современная динамика рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев [и др.]; под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. – Минск, 1991. – 102 с.

### References

1. Gerrard A. J. *Soils and Landforms. An Integration of Geomorphology and Pedology*. London, Boston, George Allen & Unwin, 1981. 219 p.
2. Belotserkovskii M. Yu., Belyi B. V., Berkovich K. M., Vlasov B. N., Zaslavskii M. N., Zorina E. F., Korotaev V. N., Kosov B. F., Larionov G. A., Litvin L. F., Lodina R. V., Lyubimov B. P., Makkaveev N. I., Nikol'skaya I. I., Patsukevich Z. V., Khmeleva N. V., Chalov R. S., Chernov A. V. *Erosional processes*. Moscow, 1984. 256 p. (in Russian).
3. Matveev A. V. *History of Relief Formation in Belorussia*. Minsk, 1990. 144 p. (in Russian).
4. Pavlovskii A. I. *Regularities of erosion processes on the territory of Belarus*. Minsk, 1994. 106 p. (in Russian).
5. Ivanov A. L., Molchanov E. N., Khitrov N. B., Frid A. S., eds. *Scientific basis for prevention of soil (land) degradation of Russian agricultural lands and formation of their fertility reproduction systems in adaptive-landscape farming: in 3 vols.* Vol. 1. Moscow, 2013 (in Russian).

6. Evtsikhevich V. N. *Erosion of soil and its control*. Minsk, 1973. 192 p. (in Russian).
7. Lapa V. V., ed. *Soils of the Republic of Belarus*. Minsk, 2019. 632 p. (in Russian).
8. Chernysh A. F., Dubovik A. E. A comparative assessment of factors of formation of water erosion processes in Central and Northern soil-erosion zones. *Vestnik Belorusskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya = Bulletin of Belarusian State University. Series 2. Chemistry. Biology. Geography*, 2005, no. 1, pp. 59–64 (in Russian).
9. Chernysh A. F., Ustinova A. M., Yukhnovets A. V. Modern soil-erosion processes in Belarus. Chalov R. S., ed. *Erozionnye i ruslovye protsessy* [Erosion and channel processes]. Moscow, 2015, vol. 6, pp. 27–45 (in Russian).
10. Kuznetsov V. A., Zhukhovitskaya A. L., Kurzo B. V., Vlasov B. P. Geochemistry of lake sedimentogenesis in technogene environment influences. *Litasfera = Lithosphere*, 1996, no. 5, pp. 161–171 (in Russian).
11. Zorina E. F., Litvin L. F., Chalov R. S. Erosion and accumulation. Osipov V. I., Shoigu S. K., eds. *Prirodnye opasnosti Rossii. T. 3: Ekzogennye geologicheskie opasnosti* [Natural hazards of Russia. Vol. 3: Exogenous geological hazards]. Moscow, 2002, pp. 32–65 (in Russian).
12. Lepeshev A. A. *Gully erosion of the Novogrudok Upland*. Minsk, 2004. 118 p. (in Russian).
13. Chalov R. S., Evstigneev V. M., Zaitsev A. A., Chernov A. V., Alekseevskii N. I., Lodina R. V., Berkovich K. M. *Channel mode of the rivers of Northern Eurasia (within the former USSR)*. Moscow, 1994. 336 p. (in Russian).
14. Matveev A. V., Nechiporenko L. A., Pavlovskii A. I., Sachok G. I., Zernitskaya V. P., Krutous E. A., Mastyulin L. A., Makhnach N. A., Simakova G. I., Shishonok N. A., Vol'skaya L. S., Kamyshenko G. A., Korsakova O. P., Levkevich V. E., Shvetsov A. A., Tsurkova T. F. *Modern Relief Dynamics in Belarus*. Minsk, 1991. 102 p. (in Russian).

### Информация об авторах

*Кухарик Евгений Александрович* – канд. геол.-минер. наук, заведующий лабораторией. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: shzhk@mail.ru.

*Матвеев Алексей Васильевич* – академик, д-р геол.-минер. наук, гл. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: matveyev@nature-nas.by.

### Information about the authors

*Kukharik Evgeniy A.* – Ph. D. (Geology and Mineralogy), Head of the Laboratory. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skorina Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shzhk@mail.ru.

*Matveyev Aleksey V.* – Academician, D. Sc. (Geology and Mineralogy), Chief Researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skorina Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: matveyev@nature-nas.by.