

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КАРСТОВЫХ И СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

Е.А. Кухарик

Институт природопользования НАН Беларуси
ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Беларусь
E-mail: shzhk@mail.ru

Приведены результаты исследований особенностей проявления карста и суффозии на территории Центральной Беларуси. Анализируются условия и факторы, приводящие к развитию этих процессов в регионе. Установлено, что площадь участков, занятых поверхностными проявлениями карста на изученной территории, составляет 360 км², а развитие покрытого типа карста возможно на площади около 13 800 км². Участки с плотностью суффозионных западин более 25 шт./км², в пределах которых хозяйственная деятельность человека затруднена или невозможна, занимают в регионе 710 км², а районы с меньшей плотностью этих форм – около 8650 км². Охарактеризованы поверхностные и подземные морфологические проявления карста и суффозии, геоэкологические последствия реализации этих процессов.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Центральной Беларуси, характеризующейся контрастными геологическими условиями, определенное распространение получили карстовый и суффозионный процессы, проявление которых приводит к возникновению специфических форм рельефа и оказывает заметное воздействие на условия хозяйственного освоения подверженных этим процессам площадей.

В настоящее время изучение карстового и суффозионного процессов выполняется преимущественно в рамках инженерно-геологических и геоэкологических исследований, так как эти процессы являются опасными для некоторых видов хозяйственной деятельности и способны в отдельных случаях приводить к возникновению серьезных экономических, социальных и экологических проблем [23; 29]. По вопросам карстоведения и изучению суффозии опубликована представительная литература. Наиболее значимые работы по рассматриваемым вопросам подготовлены А.П. Павловым [22], Ф.П. Саваренским [24], Г.А. Максимовичем [14], Н.А. Гвоздецким [7], Д.С. Соколовым [26], В.Б. Михно [18], В.Н. Дуб-

лянским и Г.Н. Дублянкой [8; 9], В.П. Хоменко [27; 28; 29], А.В. Аникеевым [2; 3; 4] и др. Развитие карстового и суффозионного процессов на территории Беларуси исследовали А.В. Матвеев [15; 16; 17], Г.А. Колпашников [12], О.П. Корсакова [13], А.Н. Галкин [10], В.М. Мотуз [19; 20] и др. Анализ опубликованных материалов показывает, что изучение особенностей проявления карста и суффозии как активных современных геологических процессов, обуславливающих развитие неблагоприятных последствий для природной среды, условий хозяйственного освоения территорий и жизнедеятельности человека, является весьма актуальной задачей. Соответственно, целью настоящей статьи является изучение площадного распространения проявлений и последствий развития перечисленных геологических процессов на территории Центральной Беларуси.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При выполнении исследований использована комплексная методика, включающая анализ опубликованных литературных источников и фондо-

вых материалов, данных дистанционных съемок, описаний разрезов буровых скважин, полевые маршрутные наблюдения и замеры, картометрические и картосоставительские работы. Компьютерная обработка данных производилась в геоинформационной системе QGIS 3.22.1 и графическом редакторе CorelDRAW 2018.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под *карстовым процессом* понимается растворение, выщелачивание и вынос подземными и поверхностными водами растворимых веществ из породного массива, ведущий к образованию характерных поверхностных или подземных форм рельефа (воронок, каверн, каналов, галерей и др.). Он получил довольно широкое развитие на территории Центральной Беларуси. Здесь в зависимости от условий залегания карстующихся пород и особенностей геолого-геоморфологических проявлений карста получили развитие открытый и покрытый его типы. Реализация этого процесса возможна при благоприятном сочетании нескольких факторов. Впервые условия для развития карста сформулировал Ф.П. Саваренский [24]. Эти положения позднее были уточнены Д.С. Соколовым [26]. Так, для развития карстового процесса необходимо наличие растворимых горных пород, их водопроницаемость, движение воды в массиве и растворяющая способность воды. Отсутствие любого из перечисленных условий исключает вероятность проявления карстового процесса [6]. Большое влияние на развитие карста оказывают особенности рельефа земной поверхности. К примеру, спокойный характер рельефа способствует возникновению застойного режима поверхност-

ных вод, обуславливая их просачивание в ниже лежащие горизонты. На участках, прилегающих к склонам речных долин, в зонах разгрузки и разуплотнения горных пород движение подземных вод ускорено, что благоприятствует карстообразованию [6]. Немаловажным фактором развития карста является наличие активизированных на современном этапе разломов земной коры, в зонах которых наблюдается повышенная трещиноватость пород, что способствует свободному циркулированию воды в породном массиве.

В зависимости от минерального состава подверженных карстованию пород в регионе отмечаются проявления карбонатного (наиболее широко распространенного) и соляного типов карста. Перейдем непосредственно к их характеристике.

Участки проявления открытого карста тяготеют преимущественно к восточной части рассматриваемого региона, площадь их оценивается в 360 км² (0,4% от общей площади региона) (рис. 1). В современной земной поверхности региона открытые проявления карбонатного карста выражены в форме замкнутых котловин и понижений, западин, воронок, различающихся по площади и глубине, распространенных на участках с неглубоко залегающими мергельно-меловыми породами. В таких понижениях изредка возникают незначительные по площади и неглубокие озера [25]. Некоторые депрессии карстового происхождения диаметром не более 50–70 м описаны в бассейне р. Удога, в Кричевском (диаметр 30–70 м), Славгородском (диаметр 40–50 м (до 200 м)) и Костюковичском (диаметр до 50 м) районах Могилевской области. Глубина их изменяется от 0,3 до 3 м, редко достигая 5 м (левобережье р. Беседи и др.) [10; 25].

Необходимо отметить, что относительно крупные открытые формы карста на территории Цент-

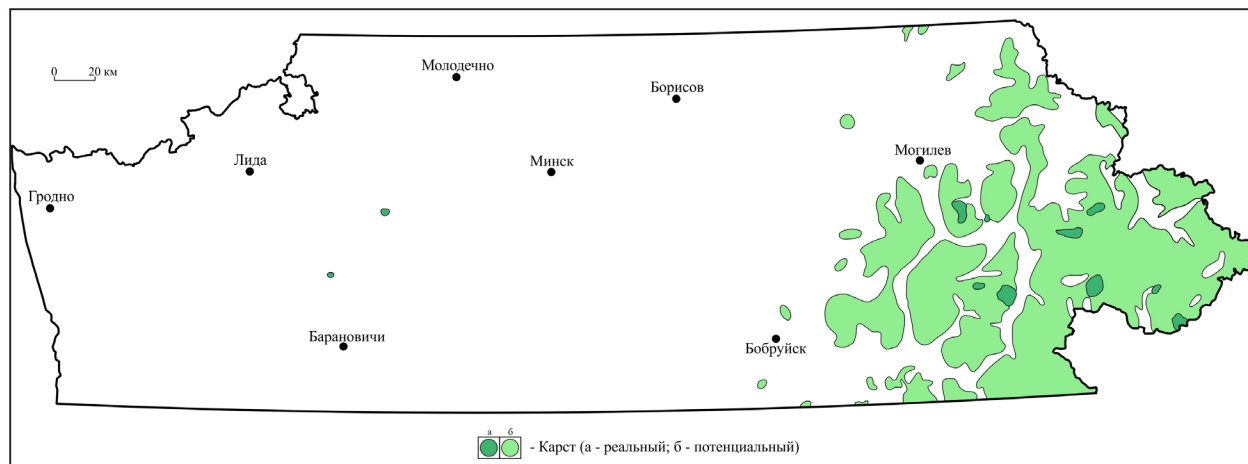


Рисунок 1 – Схема проявления карста на территории Центральной Беларуси

ральной Беларуси встречаются редко, так как выходы карстующихся пород на дневную поверхность фиксируются на незначительных по площади участках некоторых мергельно-меловых отторженцев, долин р. Днепр, Сож и их притоков. В центральной части рассматриваемого региона установлено наличие котловин карстового генезиса, в настоящее время занятых озерами Свитязь (площадь 2,24 км², максимальная глубина 15,0 м) и Кромань (площадь 0,92 км², максимальная глубина 26,5 м) [5]. Внемасштабные батиметрические схемы этих водоемов показаны на рис. 2.

Более широко на территории Центральной Беларуси распространен покрытый тип карста, который развивается в условиях перекрытия подверженных растворению и выщелачиванию карбонатных пород чехлом рыхлых водопроницаемых отложений мощностью в основном 10–15 м (до 40–50 м). Подобные участки выделены преимущественно в восточной части исследуемого региона. Согласно имеющимся данным [1; 10], карстовые углубления, заполненные глинами, супесчаными, песчаными и буроугольными отложениями были установлены при помощи бурения практически по всей поверхности верхнемеловых пород в Беларуси. Согласно проведенным нами подсчетам, площадь районов с развитием покрытого типа карста в регионе составляет 13 800 км² (14,5% от общей площади региона).

Отдельную категорию карстовых проявлений составляет техногенно обусловленный соляной

карст, развитие которого отмечено на поверхности солеотвалов в районе г. Солигорска [10; 12]. Здесь к благоприятным факторам карстообразования относятся гидрохимические и гидродинамические характеристики солеотвалов (высокая растворимость слагающих их солей (NaCl, KCl)), их высотное положение выше местного базиса эрозии. Морфологически карст на поверхности солеотвалов выражен в виде карров, трещин, воронок и других микроформ рельефа. На крутых склонах и крупных уступах располагаются поноры – вертикальные каналы длиной до 10 м и более, способные в некоторых случаях перерастать в карстовые колодцы глубиной до 3–5 м. Дальнейшее развитие процесса ведет к образованию карстовых провалов. По оценкам Г.А. Колпашникова [12], активность карстовой денудации поверхности солеотвалов Солигорского горнопромышленного района равна 12 см/год, а ее потенциально возможный показатель достигает 25–30 см/год.

В районах проявления карстовых процессов хозяйственное освоение территорий, а также проектирование и строительство различных сооружений должны проводиться с учетом материалов детальных инженерно-геологических изысканий, что требует дополнительных материальных затрат. Следует отметить, что игнорирование этих данных может повлечь за собой возникновение аварийных ситуаций (вплоть до разрушения) эксплуатируемых природных и природно-техногенных объектов, ухудшение условий проживания населения [10; 11].

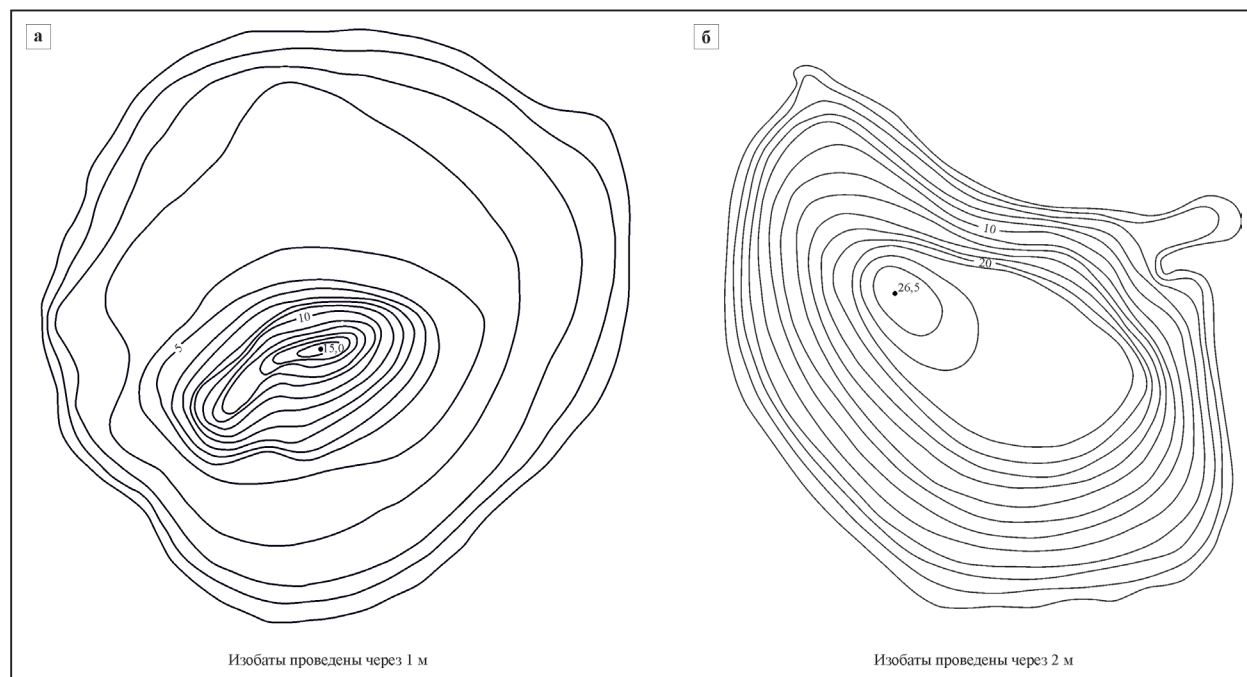


Рисунок 2 – Батиметрические схемы оз. Свитязь (а) и Кромань (б) [по 21]

Наряду с карстом на территории Центральной Беларуси определенное развитие получил такой активный экзогенный геологический процесс, как *суффозия*. В специальной научной литературе определение этого процесса является предметом дискуссии [2; 3; 4; 10; 27]. По нашему мнению, удачным можно считать определение суффозии как процесса механического выноса мелких частиц из породы, заполнителя трещин и полостей фильтрационным потоком подземных вод [6, с. 210]. Проявления суффозии в исследуемом регионе фиксируются преимущественно в местах расположения в разрезе покровных отложений толщ лессовидных пород. Они приурочены к центральной, восточной и северо-восточной частям центральнобелорусского региона (Минская, Новогрудская, Оршанская возвышенности, Копыльская гряда, Горецкая, Могилевская и Костюковичская равнины, Стрешинская низина) (рис. 3).

В условиях Центральной Беларуси суффозия развивается под действием пассивных и активных факторов. К пассивным факторам относятся наличие в разрезе покровных отложений лессовидных пород, хорошо поддающихся механическому разрушению водными потоками, их свойства и условия залегания [13]. Наибольшей мощности лессовидные породы достигают в пределах Оршанской возвышенности и Горецкой равнины, восточнее долины р. Проня – 5–12 м, в бассейне р. Сож 8–10 м. В центральной части региона, в междуречье р. Птичь и Свислочь лессовидные породы составляют толщу 1–8 м, между г. Логойском и Смолевичами – 0,5–1,5 м, в пределах Копыльской гряды – до 1,3 м, Новогрудской возвышенности – 1–7 м [20]. Активным фактором реализации суффозионного процесса является режим подземных вод; он активизируется при наличии определен-

ного градиента потока, вызывающего образование повышенных скоростей фильтрации воды или определенной величины гидродинамического давления в массиве пород [12]. Сочетание перечисленных выше факторов обуславливает развитие суффозии с образованием комплекса специфических и взаимосвязанных между собой подземных и поверхностных форм рельефа. Подземный суффозионный рельеф представлен в виде поноров, воронок, колодцев, шахт, тоннелей, пещер, останцов и арок. Поверхностными формами рельефа суффозионного генезиса являются западины, блюдца, ложбины, циркообразные ниши. В строении современной земной поверхности наиболее распространенными суффозионными формами являются западины глубиной 0,1–1,5 м (иногда до 3 м) и диаметром от 30–50 м до 100–120 м, плотность которых колеблется от считанных до 70–80 шт./км² и более [10; 25]. Максимальная пораженность суффозионными западинами наблюдается южнее и западнее г. Мстиславля (более 40 шт./км²), в междуречье р. Черная Натопа и Вихра, восточнее долины р. Проня (25–40 шт./км²), на отдельных участках Оршанской и Новогрудской возвышенностей и Могилевской равнины количество западин варьирует в пределах 10–15 шт./км².

При плотности суффозионных форм рельефа более 25–30 шт./км² земли становятся практически непригодными для хозяйственного использования, снижается плодородие почв, к суффозионному разрушению покровных отложений присоединяются водно-эрозионные и гравитационные процессы. При проведении исследований нами к участкам опасного проявления суффозии отнесены районы с плотностью западин более 25 шт./км², их площадь в пределах Центральной Беларуси составляет 710 км² (0,75 % от общей пло-

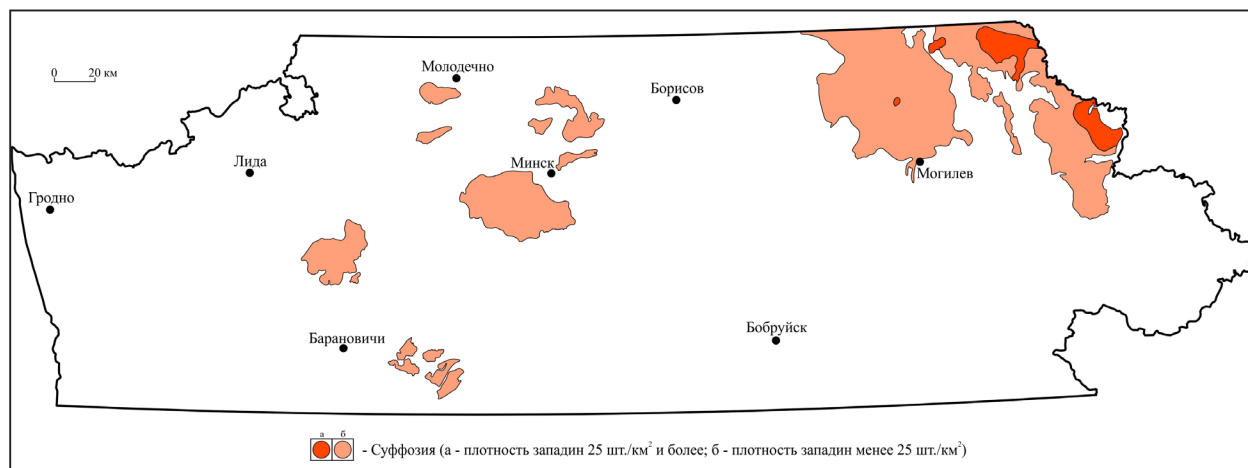


Рисунок 3 – Схема проявления суффозии на территории Центральной Беларуси

щади региона). Развитие перечисленных форм рельефа связано в основном с интенсивной распашкой территории, вследствие чего их можно считать относительно молодыми образованиями (до 150–200 лет) [13]. Площадь участков с плотностью поверхностных суффозионных проявлений менее 25 шт./км² на территории исследуемого региона составляет 8650 км² (9,1 % от общей площади региона).

В отдельную категорию можно выделить проявления суффозии, развивающиеся в условиях интенсивного техногенного пресса – на урбанизированных территориях, участках мелиоративных системах, в береговой зоне водохранилищ и др. Суффозионная просадочность и провалообразование часто отмечаются в крупных городах Центральной Беларуси – г. Минске, Гродно, Могилеве и др. Так, в г. Минске крупные провалы фиксировались в районе ул. Аэродромной (2009), на пересечении ул. Клары Цеткин и ул. Мясникова (2016), на ул. Кирова (2017), ул. Фабричной (2018). В г. Гродно суффозионный провал образовался на ул. Буденного (2011). В г. Могилеве формирование провалов на проезжей части ул. Ленинской и пр. Пушкинского фиксировалось в 2017 и 2021 гг. соответственно. В отдельных случаях суффозионные просадки могут провоцировать аварийность зданий, как это было установлено для некоторых домов в г. Могилеве [17]. Незначительные по размерам суффозионные провалы отмечаются на территории городов довольно часто. Наиболее распространенной причиной развития подобных проявлений выступают водопотери из коммуникаций ливневой канализации или трубопроводной сети: часто процесс размыва грунта длится продолжительное время, если утечка жидкости происходит в капельном режиме. При аварийном прорыве трубопровода размыв и вынос минеральных частиц грунтов различного состава и генезиса протекает стремительно, кровля перекрывающего образовавшуюся полость покрытия (асфальтного, тротуарного и др.) обрушивается и формируется просадка или провал глубиной до 3–5 м. Это затрудняет движение по проезжей части, создает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий, пробок и т. д. Для предупреждения и ликвидации последствий техногенно обусловленной суффозии требуются значительные материальные затраты, связанные с ремонтом или профилактикой нарушений в работе водонесущих

коммуникаций, восстановлением и укреплением грунтовых оснований дорог, зданий и т. д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что на территории Центральной Беларуси сложились благоприятные геологические условия для развития карстового и суффозионного процессов. Определяющими факторами проявления карста является наличие карбонатных или соляных пород в толще покровных отложений и присутствие поверхностных или подземных источников перемещающихся в породном массиве вод. Распространение поверхностных и подземных карстовых форм на территории исследуемого региона отмечается преимущественно в восточной части, где подверженные карстованию мергельно-меловые породы верхнего мела залегают на глубине от нескольких до 40–50 м, а также в некоторых районах центральной части региона. Важным для развития суффозии в условиях Центральной Беларуси является наличие в разрезе покровных отложений лессовидных пород, легко поддающихся размыву поверхностными и подземными водами. Наибольшая плотность суффозионных форм рельефа характерна для северо-восточной части региона (окрестности г. Горок и Мстиславля); кроме этого, проявления суффозии отмечаются в ряде районов центральной части рассматриваемой территории. В городах техногенно обусловленная суффозия развивается в отложениях различного состава и генезиса при условии наличия водопотерь из водопроводной или канализационной сетей и прочих аварийных ситуациях на водонесущих конструкциях. Развитие карста и суффозии приводит к заметным негативным последствиям для природной среды и условий жизнедеятельности человека. Это, прежде всего, нарушение функционирования (вплоть до разрушения) природных и природно-антропогенных комплексов (сельскохозяйственных угодий, дорожных насыпей и полотна, повышение аварийности зданий и сооружений, увеличение вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий и др.), формирование значительного экономического ущерба, связанного с дополнительными затратами на изыскания для строительства, ремонтные работы по устранению неполадок и восстановлению поврежденных элементов инфраструктуры и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ажгиревич, Л. Ф.** Карстовый тип угленакопления Белоруссии / Л. Ф. Ажгиревич, Э. А. Левков // Доклады Академии наук БССР. – 1979. – Т. XXIII, № 3. – С. 265–268.
2. **Аникеев, А. В.** Провалы и воронки оседания в карстовых районах: механизмы образования, прогноз и оценка риска / А. В. Аникеев. – Москва : РУДН, 2017. – 328 с.
3. **Аникеев, А. В.** Суффозия. Классификация процесса / А. В. Аникеев // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2006. – № 2. – С. 151–155.
4. **Аникеев, А. В.** Суффозия. Механизм и кинематика свободной суффозии / А. В. Аникеев // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2006. – № 6. – С. 544–553.
5. **Блакiтны скарб Беларусi : энцыклапедыя / рэдкал.: Г. П. Пашкоў [i інш].** – Мiнск : БелЭн, 2007. – 480 с.
6. **Бондарик, Г. К.** Инженерная геодинамика : учебник / Г. К. Бондарик, В. В. Пендин, Л. А. Ярг. – Москва : КДУ, 2018. – 472 с.
7. **Гвоздецкий, Н. А.** Карст / Н. А. Гвоздецкий. – Москва : Мысль, 1981. – 214 с.
8. **Дублянская, Г. Н.** Картографирование, районирование и инженерно-геологическая оценка закарстованных территорий / Г. Н. Дублянская, В. Н. Дублянский ; под науч. ред. В. Н. Саломатина. – Новосибирск : ОИГГИМ, 1992. – 144 с.
9. **Дублянский, В. Н.** Карст мира / В. Н. Дублянский, Г. Н. Дублянская. – Пермь : [б. и.], 2007. – 330 с.
10. **Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева.** – Витебск : ВГУ, 2016–2018. – Ч. 2 : Инженерная геодинамика Беларуси / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева. – 2017. – 452 с.
11. **Инженерная геология России : монография / под общ. ред. В. Т. Трофимова.** – Москва : Издательский дом «КДУ», 2011. – Т. 2 : Инженерная геодинамика территории России / В. Т. Трофимов [и др.] ; под ред. В. Т. Трофимова, Э. В. Калинина. – Москва : Издательский дом «КДУ», 2013. – 816 с.
12. **Колпашников, Г. А.** Техногенез и геологическая среда / Г. А. Колпашников. – Минск : БНТУ, 2006. – 182 с.
13. **Корсакова, О. П.** Геоморфологическая роль суффозии в лессовых породах Белоруссии : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.04 / О. П. Корсакова. – Москва, 1973. – 23 с.
14. **Максимович, Г. А.** Основы карстования : в 2 т. / Г. А. Максимович. – Пермь : Кн. изд-во, 1963–1969. – 2 т.
15. **Матвеев, А. В.** Классификация природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Літасфера. – 2017. – № 1 (46). – С. 98–106.
16. **Матвеев, А. В.** Особенности современного морфогенеза на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Вопросы географии. – 2015. – Сб. 140 : Современная геоморфология. – С. 380–395.
17. **Матвеев, А. В.** Природные и природно-антропогенные опасности экзогенного типа на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки в Респ. Беларусь, Брест, 25–27 сент. 2017 г. : в 2 ч. / редкол.: А. К. Карабанов [и др.] ; науч. ред. А. К. Карабанов, М. А. Богдасаров. – Брест : БрГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 12–15.
18. **Михно, В. Б.** Карстово-меловые геосистемы Русской равнины / В. Б. Михно. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1990. – 200 с.
19. **Мотуз, В. М.** О происхождении блюдцеобразных западин в лессовых породах БССР / В. М. Мотуз // Почвенные исследования и применение удобрений. – 1978. – Вып. 9. – С. 9–13.
20. **Мотуз, В. М.** О происхождении лессовых пород на территории Белоруссии / В. М. Мотуз // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – 1986. – № 55. – С. 52–63.
21. **Озера Беларуси : справочник / Б. П. Власов [и др.].** – Минск : БГУ, 2004. – 284 с.
22. **Павлов, А. П.** О рельефе равнин и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод / А. П. Павлов // Землеведение. – 1898. – Т. 5, кн. 3–4. – С. 91–147.
23. **Пашкин, Е. М.** Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии / Е. М. Пашкин, А. А. Каган, Н. Ф. Кривоногова ; под ред. Е. М. Пашкина. – Москва : КДУ, 2011. – 952 с.
24. **Саваренский, Ф. П.** Гидрогеология / Ф. П. Саваренский. – Москва ; Ленинград ; Новосибирск : Горгеонефтеиздат, 1933. – 320 с.
25. **Современная динамика рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев [и др.] ; под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева.** – Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 102 с.
26. **Соколов, Д. С.** Основные условия развития карста / Д. С. Соколов – Москва : Гостеолтехиздат, 1962. – 322 с.
27. **Хоменко, В. П.** Закономерности и прогноз суффозионных процессов / В. П. Хоменко. – Москва : ГЕОС, 2003. – 216 с.

28. **Хоменко, В. П.** Карстово-суффозионные процессы и их прогноз / В. П. Хоменко ; отв. ред. Р. С. Зиянгиров. – Москва : Наука, 1986. – 97 с.

29. **Хоменко, В. П.** Противокарстовая и противосуффозионная защита в России: история и современность / В. П. Хоменко // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, вып. 4 (115). – С. 482–489.

Статья поступила в редакцию 27.09.2022

Рецензент А.Н. Галкин

АСАБЛІВАСЦІ ПРАЯЎЛЕННЯ СУЧАСНЫХ КАРСТАВЫХ І СУФАЗІЙНЫХ ПРАЦЭСАЎ НА ТЭРЫТОРЫІ ЦЭНТРАЛЬНАЙ БЕЛАРУСІ

Я.А. Кухарык

Інстытут прыродакарыстання НАН Беларусі
вул. Ф. Скарыны, 10, 220076, Мінск, Беларусь
E-mail: shzhk@mail.ru

Прыведзены вынікі даследаванняў асаблівасцей праяўлення карсту і суфозіі на тэрыторыі Цэнтральнай Беларусі. Аналізуюцца ўмовы і фактары, якія прыводзяць да развіцця гэтых працэсаў у рэгіёне. Устаноўлена, што плошча ўчасткаў, занятых павярхоўнымі праявамі карсту на вывучанай тэрыторыі, складае 360 км², а развіццё пакрытага тыпу карсту магчыма на плошчы каля 13 800 км². Участкі са шчыльнасцю суфазійных западзін больш за 25 шт./км², у межах якіх гаспадарчая дзейнасць чалавека абцяжарана ці немагчыма, займаюць у рэгіёне 710 км², а раёны з меншай шчыльнасцю гэтых форм – каля 8650 км². Ахарактарызаваны павярхоўныя і падземныя марфалагічныя праявы карсту і суфозіі, геаэкалагічныя наступствы рэалізацыі гэтых працэсаў.

MANIFESTATION OF MODERN KARST AND SUFFOSION PROCESSES ON THE TERRITORY OF CENTRAL BELARUS

E. Kukharik

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus
10 F. Skoryna St, 220076, Minsk, Belarus
E-mail: shzhk@mail.ru

The article presents the results of the studies of the manifestation of karst and suffosion processes on the territory of Central Belarus. The conditions and factors leading to the development of these processes in the region are being analyzed. It has been established that the total area of the actual manifestation of karst on the studied territory is 360 km², and its potential development is possible on an area of approximately 13 800 km². Areas with the density of suffosion sinkholes of more than 25 pieces/km² occupy 710 km² of the region. Human economic activity is difficult or even impossible within their limits. The areas with a lower density of such forms are about 8650 km². Overground and underground morphological manifestations of karst and suffosion as well as geoecological consequences of these processes have been characterized.