

VI. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ЗНАЧЕНИЕ ПАЛЕОДОЛИН В АКТИВИЗАЦИИ КАРСТОВО-СУФФОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В г. УФА

© 2018 г. Р. Ф. Абдрахманов

Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия. E-mail: hydro@ufaras.ru

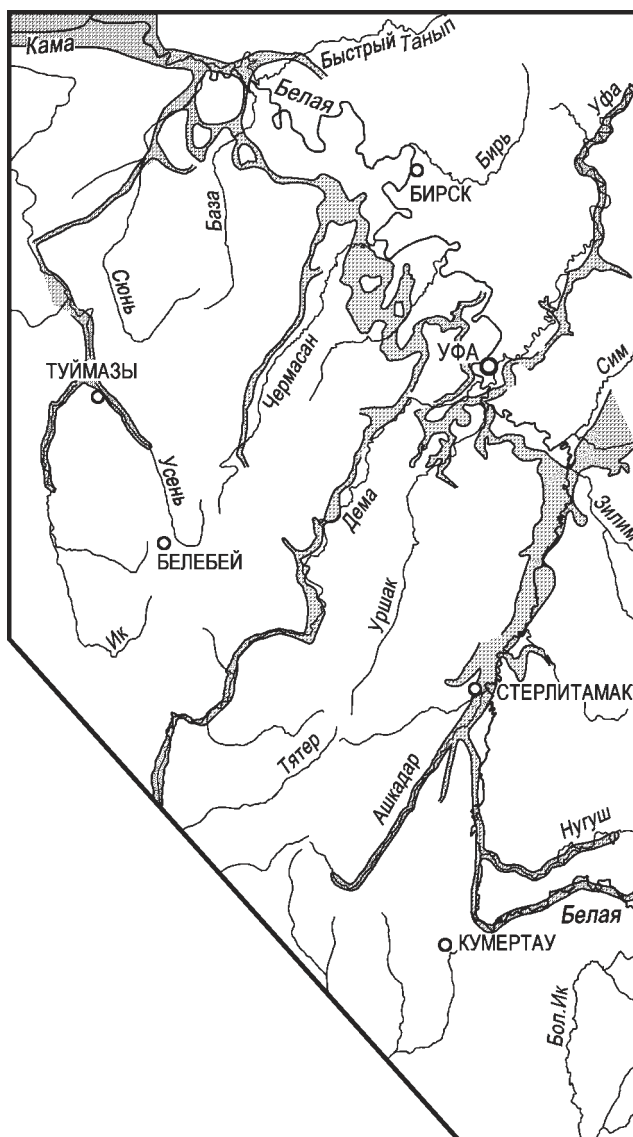
Формирование переуглубленной речной сети систем Палео-Волги, Палео-Белой и других палеорек стало уникальным событием в кайнозойской истории Восточно-Европейской равнины. Оно не только коренным образом трансформировало облик рельефа региона, но и определило характер и масштабы многих экзогенных геологических процессов — эрозионных, аккумулятивных, склоновых и др. Особо важная роль среди них принадлежит денудационной деятельности подземных вод в целом, и трещинно-карстовых в частности, которая резко усилилась вследствие мощного дренирующего воздействия палеодолин, глубоко врезанных преимущественно в пермские породы, слагающие зону гипергенеза [3].

Помимо комплекса естественноисторических факторов, контролирующих развитие карстового процесса (литология пород, тектоника, гидрогеологические особенности и пр.), его масштабы и характер зависят от хозяйственной деятельности человека. Рост городов и освоение территорий неизбежно сопровождаются техногенным воздействием на различные компоненты геологической среды. Это ведет к изменению рельефа, уничтожению поверхностных микроформ, нарушению структуры покровных отложений, изменению физико-механических свойств грунтов, гидрогеодинамических и гидрогеохимических условий. В конечном итоге все это часто вызывает активизацию опасных геологических процессов, в особенности — карста и суффозии.

Главным геологическим фактором, вызвавшим переуглубление речной сети, явились произошедшие на границе миоцена и плиоцена восходящие тектонические движения юго-восточной окраины Русской платформы, с одной стороны, и погружение южной части Прикаспийской синеклизы — с другой. Резкое понижение уровня Каспия (по некоторым данным до 500 м ниже уровня Мирового океана), являвшегося региональным базисом эрозии, вызвало интенсивную донную эрозию, в результате которой образовались глубоковрезанные в подстилающие породы долины рек, ныне погребенные под более молодыми неогеново-четвертичными осадками [7].

Основной водной артерией Южного Предуралья в плиоцене являлась р. Палео-Белая (рис. 1). Она вместе со своими притоками (рр. Палео-Дема, Палео-Уфа и другими) создала сильно расчлененный эрозионно-денудационный рельеф, сложенный породами пермского возраста. Осадки, выполняющие палеодолины, относятся к кинельскому (Nkn) надгоризонту (верхний миоцен — плиоцен), который разделен на 3 горизонта: чебеньковский, карламанский и кумурлинский [5]. Мощность чебеньковских отложений обычно до 30 м. Они представлены в основном базальными аллювиальными песчано-галечниковыми отложениями, в верхней части — алевритистыми глинами с прослоями песков, что является показателем подтопления речных долин, стабилизации и поднятия базиса эрозии [8]. В карламанском и кумурлинском горизонтах (до 150 м) преобладают глины с прослоями алевритов и глинистых песков озерно-лиманного происхождения. Общая мощность кинельских отложений в осевой, наиболее глубокой части палеодолины достигает 200 м, а в прибрежных разрезах сокращается до первых десятков метров и метров. Перекрыт кинельский надгоризонт морскими и озерно-лиманскими отложениями (Qgl-E) зилим-васильевского, аккумуляевского и воеводского горизонтов, соответствующими второй (максимальной) и третьей ингрессиям Акчагыльского моря, а также континентальными четвертичными осадками.

Рис. 1. Схематическая карта долин системы Палео-Белой Южного Предуралья



Карст на территории города связан с гипсами кунгурского и загипсованными породами уфимского возраста (рис. 2). Изысканиями последних лет выявлена тесная связь поверхностных карстопоявлений (воронки, провалы) и деформаций зданий, сооружений с погребенными формами древней речной сети. Как правило, вдоль бортов палеодолин, заполненных в настоящее время неогеново-четвертичными глинисто-суглинистыми отложениями, встречаются погребенные карстово-суффозионные формы, а также провалы и оседания в современном рельефе, вызывающие деформации зданий и сооружений. В городе 30–40% деформированных зданий расположены в подобных условиях. Данные глубокого бурения и геофизические исследования позволяют проследить контуры переуглубленных палеодолин и палеорусел в современных долинах Белой, Уфы, Сутолоки (рис. 3). Ширина палеодолины в пределах современной долины реки Сутолока достигает 800–950 м (рис. 4). На Уфа-Бельском междуречье отмечены древние карстово-эрозионные котловины диаметром до 750–800 м, выполненные глинистыми осадками неогеново-четвертичного возраста.

Древние склоны долин, как и современные, сопровождаются сильной выветрелостью пород и трещинами бортового отпора, которые способствовали активному развитию карстового процесса вдоль них. После того как вся древняя эрозионная сеть была погребена под толщей преимущественно глинистых отложений (в период ачкагыльской ингрессии моря), дренажная роль этих врезов сохранилась до настоящего времени. Подземные воды, встречая на пути своего движения препятствие в виде заполненных глинами палеодолин и других древних эрозионных форм, начинают вертикально восходящую или вертикально нисходящую фильтрацию с одновременным движением вдоль бортов в направлении современных дренажных систем Белой и Уфы. Естественное увеличение напорных градиентов фильтрации вдоль таких контактов вызывает перемещение тонкодисперсного материала в уже существующие или возникающие карстовые каверны и полости, т.е. суффозию. Следствием этого является образование карстово-суффозионных оседаний со средней скоростью 1–2 мм в год. В настоящее время эти процессы продолжаются, и их недоучет привел к тому, что многие здания и сооружения в Уфе оказались построенными в при-бортовых частях палеодолин (палеорусел) и других древних эрозионных врезов и испытывают деформации. Кроме естественных карстовых форм (воронки, котловины, пещеры и пр.) в пределах южной части «Уфимского полуострова» (в основном в междуречье Уфа – Сутолока) имеются многочисленные заброшенные открытые (карьеры) и подземные (штольни) горные выработки, где велась добыча гипса. Суммарная протяженность подземных выработок на правом берегу р. Уфы достигает нескольких километров.

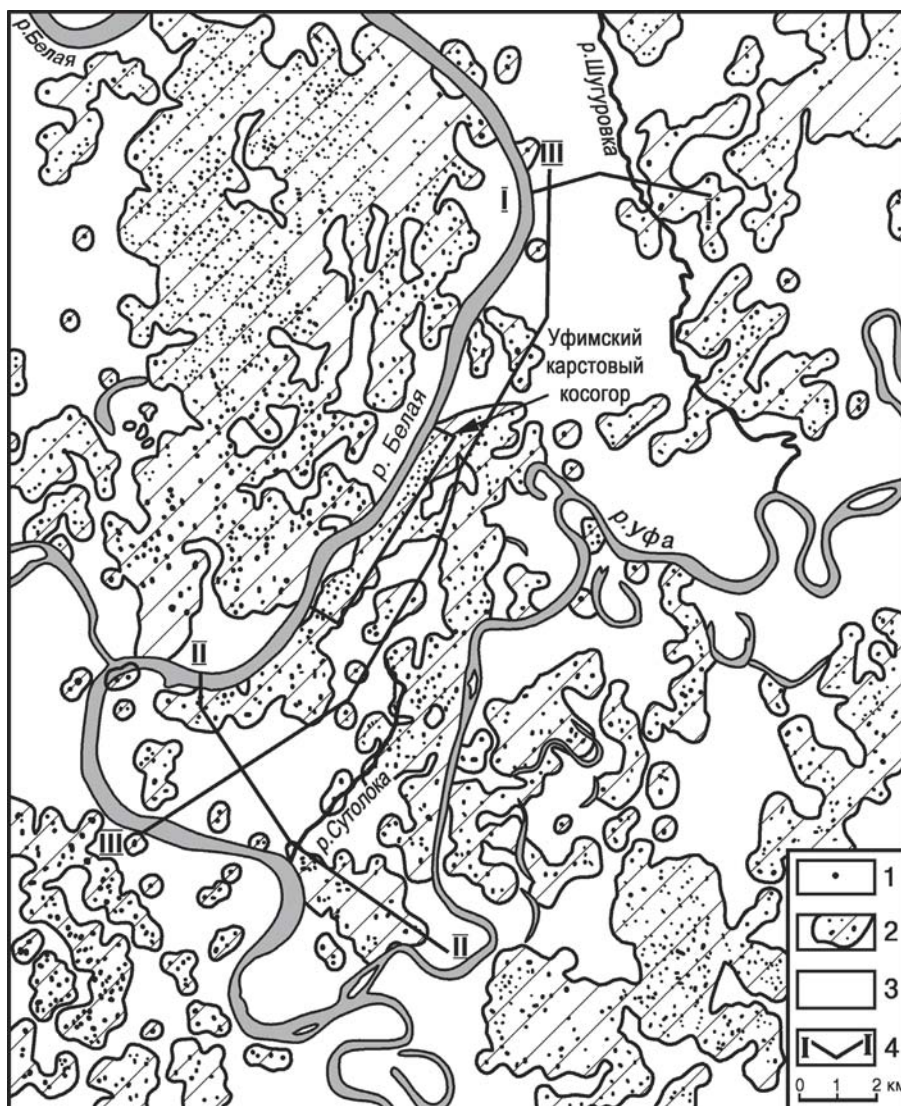


Рис. 2. Карта закарстованности территории г. Уфы [2]

Условные обозначения: 1 — карстовые воронки и провалы (территории неустойчивые и очень неустойчивые для строительства); 2 — территории вокруг воронок (недостаточно устойчивые и несколько пониженной устойчивости); 3 — территории за пределами карстовых полей (относительно устойчивые); 4 — линия гидрогеологического разреза

Все существующие поверхностные карстопроявления и вновь образующиеся провалы определенным образом взаимосвязаны. Установлено, что современные карстовые провалы образуются вблизи уже существующих поверхностных карстопоявлений. Вблизи воронок провалы встречаются чаще, чем на некотором удалении от них, а на расстоянии более 250 м от воронок провалы практически не встречаются. Эта зависимость использована при районировании территории Уфы и ее окрестностей по степени устойчивости для строительства относительно карстовых провалов (см. рис. 2). На карте закарстованности г. Уфы отмечены воронки и контуры вокруг воронок на расстоянии 250 м. В пределах карстовых воронок территория неустойчивая и непригодная для любого типа капитального строительства. Территория вокруг воронок на расстоянии до 250 м недостаточно устойчивая, но может быть застроена с применением мер противокарстовой защиты возводимых сооружений, т.е. усиления конструкции фундаментов и самих зданий, а возможно и ликвидации полостей, если их размер является критическим и возможно обрушение их сводов и образование провала на поверхности [6]. Данный вывод впоследствии был подтвержден для всей территории Южного Предуралья. Территория за пределами контуров карстовых полей может застраиваться

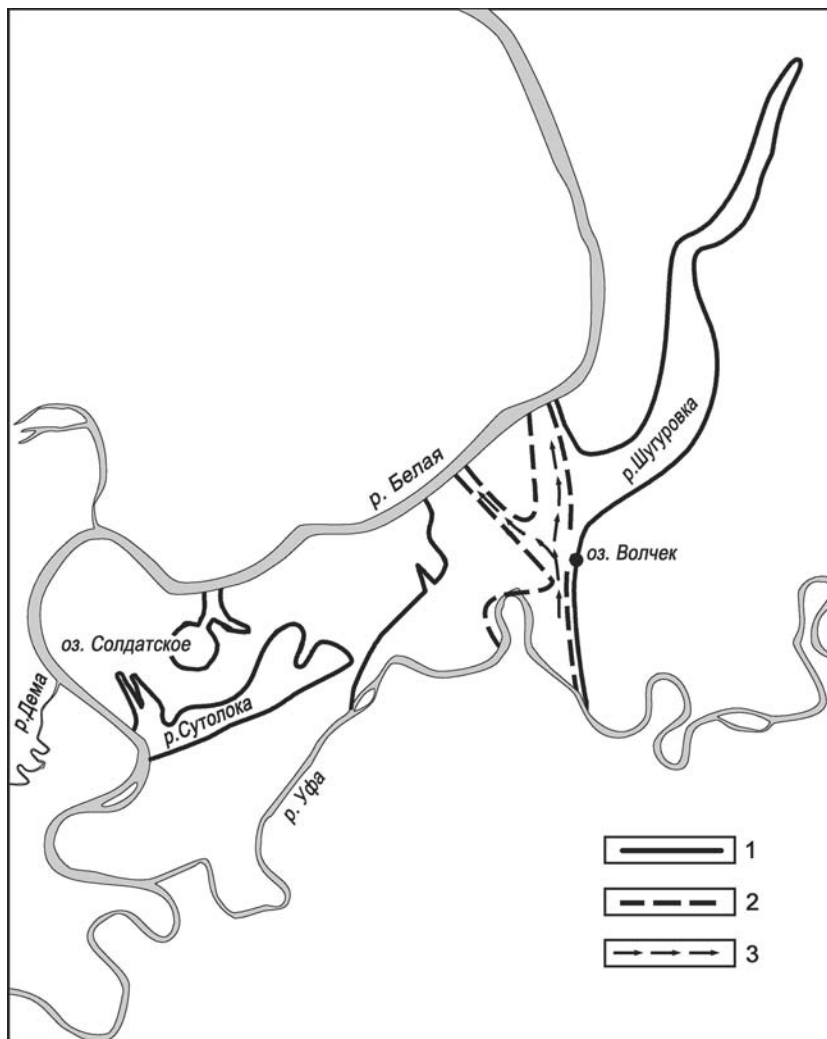


Рис. 3. Схема расположения палеодолин на Уфимском «полуострове» [6]

Границы: 1 — палеодолин; 2 — палеорусл р. Уфа; 3 — ось палеорусл р. Уфа

сооружениями повышенной этажности без каких-либо мер защиты. Лишь на междуречьях потребуются профилактические меры защиты, направленные на сохранение естественной гидрогеологической обстановки, т.е. на предотвращение возможной активизации карстово-суффозионного процесса (надежный водоотвод, прокладка водонесущих коммуникаций в кожухах и др.).

Карстовые провалы, являющиеся показателем современной активности карста, происходят довольно часто на междуречьях, реже в пределах долин рек. Так, на территории г. Уфы, где проживает около 25% населения Башкортостана, за последние 100 лет зафиксировано около 320 карстовых провалов, т.е. в среднем три провала в год. Обычно они образуются весной после снеготаяния и осенью в дождливый год, либо в последующий за ним засушливый год. Многолетними исследованиями установлено закономерное увеличение частоты провалов во времени. При этом подавляющее большинство карстовых провалов (254) образовалось на склонах, во много раз меньше — (47) в долинах и незначительное количество (12) — на присклоновых участках и междуречье [9].

Наиболее активно карст проявляется на «Уфимском карстовом косогоре». В связи с прокладкой в конце XIX в. Самара-Златоустовской железной дороги эта территория стала классическим примером изучения условий развития сульфатного карста, что отражено во многих работах Д.Л. Иванова, Г.Г. Скворцова, А.Н. Фонарева, В.И. Мартина, А.И. Смирнова и др. На косогоре сосредоточено около 300 карстовых форм (воронок, провалов, поноров, слепых оврагов). Плотность воронок составляет в среднем 36 на 1 км²; коэффициент закарстованности — 0.28%, в пределах

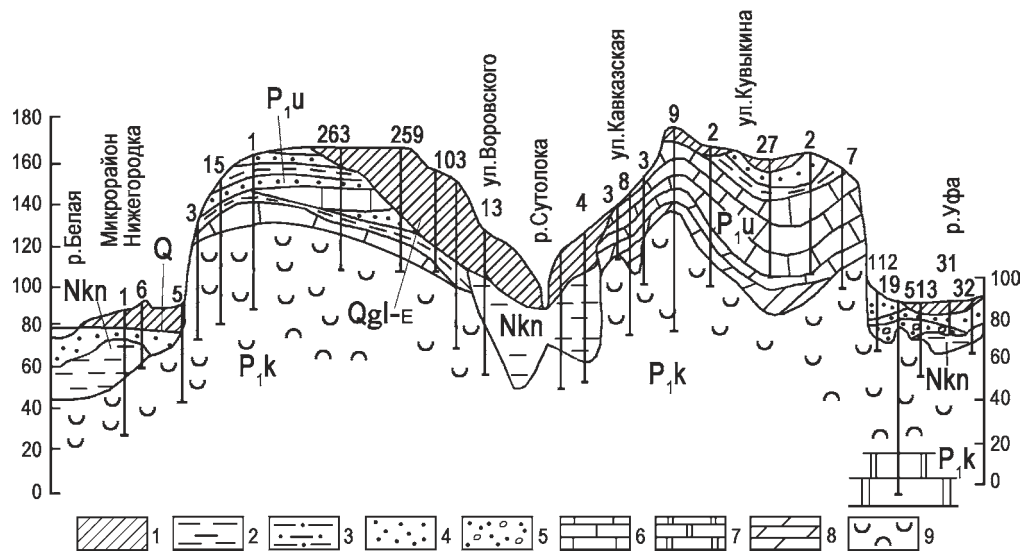


Рис. 4. Гидрогеологический разрез «Уфимского полуострова» (по линии II–II)

Условные обозначения: 1 — суглинки; 2 — глины; 3 — алевролиты; 4 — пески, песчаники; 5 — песчано-галечные отложения; 6 — известняки; 7 — доломиты; 8 — мергели; 9 — гипсы, ангидриты

оврагов он достигает 3–13%, а на межовражьях не превышает 0.04%, т.е. последние почти не затронуты карстом. Это же подтверждается распределением карстовых провалов в рельефе. Из 26 карстовых провалов, образовавшихся за последние десятилетия, 14 (54%) приурочены к днищам оврагов, 4 (15%) образовались на склонах оврагов и в подножье косогора, по 2 (8%) — на железнодорожном полотне и межовражьях. Глубина провалов до 1.2 м, диаметр не превышает 1.7 м.

В настоящее время проявление карста на поверхности в г. Уфе продолжается с не меньшей активностью, чем 10–20 лет тому назад. По данным оперативной сводки Башкирского территориального центра мониторинга состояния недр ОАО «Башкиргеология» о проявлениях экзогенно-геологических процессов, только в 2014 г. в Уфе образовалось два новых провала. Последний провал произошел 13.11.2014 на ул. Авиаторская, имел цилиндрическую форму с поперечником 4.5–5.0 м при глубине 4.4–4.5 м. Систематизированные авторами данные по провалам Южного Предуралья за последние 25 лет свидетельствуют, что 1 раз в 3–4 года образуются anomalously крупные карстовые провалы с поперечником и глубиной более 15 м. В 2016 г. в пределах территории г. Уфы и ее окрестностей образовалось четыре новых провала, при этом три из них образовались в тыловых частях надпойменных террас. Первый провал образовался 26.04.2016 в 0.9 км юго-западнее д. Вавилово в тыловой части третьей надпойменной террасы долины р. Белой. Размеры составили 30×20 м при глубине около 7 м. Второй провал — 06.05.2016 в 1.5 км западнее д. Миловка на территории СНТ «Родничок». Размеры составили 15–20×10–15 м, глубина около 4 м. Третий провал (21.11.2016) — в Благовещенском районе, в 5 км севернее территории нефтеперерабатывающих заводов г. Уфы и в 0,5 км к югу от юго-западной окарины с. Абызово. Поперечник его составлял около 12 м, глубина превышала 3 м. Четвертый провал образовался в Калининском районе г. Уфы у дома 193/2 по ул. Интернациональной, на первой надпойменной террасе долины р. Уфы. Провал образовался рядом с ранее засыпанной карстовой полостью на глубине 38–78 м, площадью 450 м² [4].

Широкое развитие на территории г. Уфы карстово-суффозионных процессов и связанные с ними проявления поверхностных и подземных форм (воронки, провалы, слепые овраги, каверны, полости и пещеры) являются следствием не только естественных, но и техногенных факторов, причем влияние последних во многом соизмеримо с природными. Совместное воздействие техногенного и естественного процессов ведет к резкому усилению карста и суффозии.

Рост города и освоение территорий, ранее считавшихся непригодными для градостроительных целей, неизбежно сопровождается серьезным воздействием человека на геологическую среду. К числу факторов, способствующих активизации карстово-суффозионных процессов, относятся:

нарушение водоупорных свойств покровных отложений, возникновение техногенных источников формирования подземных вод (различного рода утечки из водонесущих коммуникаций), механическое воздействие производственно-технологических процессов (забивка свай, вибрационные нагрузки от механизмов и др.), загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод агрессивными выбросами промышленных предприятий. Один из наиболее существенных факторов — утечки из водонесущих коммуникаций (водопровод, канализация, теплосети). Расчеты показывают, что доля этих утечек в питании подземных вод достигает 25–30, иногда до 50% [1]. Длительные утечки создают техногенные водоносные горизонты, что неизбежно ведет к активизации карстово-суффозионного процесса на потенциально предрасположенных к этому территориях. В результате на таких участках образуются провалы и проседания и, как следствие, происходят деформации трасс, зданий и сооружений, а также загрязнение подземных вод. Подтверждение сказанному — деформации более 25 зданий в г. Уфе.

Оценка степени устойчивости закарстованных территорий для строительства в Уфе проводится путем системного анализа основных условий и факторов, определяющих активность и скорость развития карста [6]. Разработанные региональные нормативно-методические документы позволяют с достаточной достоверностью вести оценку степени устойчивости закарстованных участков для строительства. Тем не менее количество случаев аварийных и катастрофических ситуаций за последние 25 лет неуклонно увеличивается. Средний период возникновения аварий, связанных с воздействием техногенных процессов, составляет 11–17 лет со дня ввода сооружений в эксплуатацию, причем с 1990-х гг. наметилась тенденция к уменьшению этого времени и росту числа аварийных объектов. В весенне-летнее время деформации оснований зданий и сооружений по этой причине происходят чаще, чем зимой. В 70–80% случаев их основная причина — техногенные факторы, вызывающие подтопление территории и, как следствие, активизацию развития карстово-суффозионного процесса.

Неблагоприятные последствия развития карстового процесса, которые должны учитываться в народнохозяйственной деятельности, связаны с осложнениями при любых видах строительства на закарстованных территориях, в том числе промышленного, гражданского и гидротехнического, при сельскохозяйственном освоении закарстованных земель. Особо опасны карстовые и суффозионно-карстовые процессы в гипсах, они ведут к образованию карстовых провалов и, как следствие — к деформации жилых и промышленных объектов. Существенно интенсифицирует карст и сопутствующие ему негативные явления (суффозию, просадки, обвалы и др.) хозяйственная деятельность человека, коренным образом изменяющая гидрогеодинамическую и гидрогеохимическую ситуацию как в самих закарстованных породах, так и в выше- и нижезалегающих толщах.

Работа выполнена по теме № 0252-2014-0017.

Литература:

1. *Абдрахманов Р.Ф.* Гидрогеоэкология Башкортостана. — Уфа: Информреклама, 2005. — 344 с.
2. *Абдрахманов Р.Ф., Мартин В.И.* Гидрогеоэкология г. Уфы / УНЦ РАН. — Уфа, 1993. — 44 с.
3. *Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г.* Связь карста с неогеновыми долинами системы палео-Белой в Южном Предуралье // Геоморфология. — 2017. — № 3. — С. 48–59.
4. *Абдрахманов Р.Ф., Смирнов А.И., Дурнаева В.Н., Полева А.О., Ахметов Р.М., Носарева С.П.* Опасные геологические процессы на Южном Урале и Предуралье (их активизация и прогноз) // Геологический сборник № 14 / ИГ УНЦ РАН. — СПб: Свое издательство, 2017. — С. 136–148.
5. *Данукалова Г.А.* Региональная стратиграфическая схема миоцена Предуралья и основные события на территории Южноуральского региона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2012. — Т. 20, № 5. — С. 77–95.
6. Карст Башкортостана / *Р.Ф. Абдрахманов, В.И. Мартин, В.Г. Попов, А.П. Рождественский, А.И. Смирнов, А.И. Травкин.* — Уфа: Информреклама, 2002. — 383 с.
7. *Рождественский А.П.* Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. — М.: Наука, 1971. — 304 с.
8. *Сиднев А.В.* История развития гидрографической сети плиоцена в Предуралье. — М.: Наука, 1985. — 224 с.
9. *Смирнов А.И.* Аномально крупные карстовые провалы Южного Урала и Предуралья // Геологический сборник № 10 / ИГ УНЦ РАН — Уфа: ДизайнПресс, 2013. — С. 50–56.