

УДК: 911.0

**КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКОВ ДОРОЖНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА С НЕАКТИВНЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ КАРСТОВЫХ
ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕЗДНОЙ АВТОДОРОГИ
Г. СИМФЕРОПОЛЯ)**

Амеличев Г. Н, Токарев С. В., Вахрушев Б. А., Науменко В. Г., Амеличев Е. Г.

*Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация
E-mail: vakhb@inbox.ru*

Крымский полуостров является территорией активного проявления карстовых процессов, развитых на 84 % его площади. В связи с этим целевым назначением карстологических исследований при дорожном строительстве является оценка природных и техногенных условий развития карста, выявление его генетических типов, поверхностных и подземных карстовых форм, их морфометрии, распределения по трассе и активности, а также установление негативных парагенетических экзогенных процессов, сопутствующих карсту. Полученные материалы являются основой создания ГИС «Инженерно-геологические процессы и явления Крымского полуострова».

Ключевые слова: карст, антропогенная активизация карста, карстоопасность, инженерно-геологические процессы, дорожное строительство.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие социально-экономико-географической системы Республики Крым, органически встроенной в народно-хозяйственный комплекс России, требует глубокого преобразования (как пространственного, так и конструктивного) дорожно-транспортной инфраструктуры Крыма. Крымский полуостров – территория активного проявления карстовых процессов, развитых на 84 % его площади. Карст организует парагенетические комплексы с другими опасными инженерно-геологическими явлениями. В связи с этим непродуманное вмешательство в геологическую среду при дорожном строительстве может включить парагенетические взаимодействия, активизируя и другие негативные процессы, связанные пространственно и генетически с карстом: суффозию, эрозию, гравитацию (оползни, обрушения, просадки), разжижение грунтов и т. д.

В Крыму до 2014 года действовало более 6800 км автомобильных, 700 км железнодорожных дорог и около 800 км магистральных газопроводов. В настоящее время идет активное строительство автомобильной магистрали «Трасса Таврида», подъездных путей к Керченскому мосту, участков объездных автодорог (г. Симферополь, г. Керчь, г. Белогорск, г. Феодосия и др.), реконструируются имеющиеся автотрассы.

Как показала практика, дорожно-транспортное строительство в Крыму активизирует современные карстовые процессы и оживляет древние палеокарстовые полости. Перепланировка поверхности при строительстве приводит к перераспределению или изменению поверхностного или подземного стока, в связи с этим – к возникновению новых очагов инфильтрации и инфлюации природных и

техногенных вод в карстующиеся породы. Здесь могут формироваться зоны повышенной пустотности, разуплотнения (раскарстованные трещины и трещинные зоны в известняках) и даже целые карстовые полости, увеличивается степень провалоопасности, развития суффозии и просадочных явлений. В результате вымывания глинистого заполнителя могут активизироваться древние карстовые пустоты.

В связи с этим целевым назначением карстологических исследований, сопутствующим дорожному строительству, является оценка природных и техногенных условий развития карста, выявление его генетических типов, поверхностных и подземных карстовых форм, их морфометрии, распределения по трассе и активности, а также установление негативных парагенетических экзогенных процессов, сопутствующих карсту. Полученные базы данных составляют основу географической информационной системы «Инженерно-геологические процессы и явления Крымского полуострова», создание которой позволит оперативно решать многие вопросы строительства и функционирования дорожно-транспортной системы Крыма.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве примера карстологических изысканий на территориях неактивного (затрудненного) проявления карста был избран участок строительства объездной автодороги Дубки – Левадки, проходящий по западной окраине г. Симферополя.

Участок строящейся объездной автодороги Дубки – Левадки располагается на западной окраине г. Симферополя Республики Крым. Он является продолжением действующего участка объездной автодороги Мирное – Дубки (Рис. 1). Строящийся фрагмент трассы проходит на отрезке 7–11 км по северо-западному пологому склону Внешней гряды, на отрезке 11–12 км спускается с уступа гряды, на отрезке 12–14 км пересекает межгрядовое понижение (Северную продольную депрессию) с долиной р. Западный Булганак и на отрезке 14–16 км выходит на структурный склон Внутренней гряды, где соединяется с трассой Симферополь – Севастополь.

При дорожном и других видах строительства карст рассматривается как негативный инженерно-геологический процесс, результатом развития которого являются карстовые формы рельефа – просадки, воронки, провалы, подземные полости, существенно снижающие несущую способность горно-породного основания строящегося сооружения. Карстовые формы могут возникать в естественных природных условиях, формироваться как на этапе строительства, так и в ходе эксплуатации готового объекта, если на территории не проведен ряд противокарстовых мероприятий. Карстовый процесс и связанные с ним карстопроявления контролируются основными условиями развития карста, к которым относятся наличие растворимых пород, их водопроницаемость, наличие движущихся вод и их растворяющая способность [1]. Полнота их совместного проявления определяет активность или пассивность карстового процесса.

Анализ современных условий развития карста базируется на оценке интенсивности карстового процесса, которая определяется по наличию движущихся вод и их агрессивности – самых высокодинамичных компонентов. Однако низкие

КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКОВ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С НЕАКТИВНЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ...

показатели современного развития еще не обеспечивают полной безопасности территории. Необходим учет палеокарстовых явлений – реликтовых полостных форм, созданных в прошлые геологические этапы закарстования территории. Для этого необходимо изучение геологических разрезов местности, анализ данных геофизических исследований и материалов буровых скважин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Карстующиеся породы, представленные на изучаемом участке, относятся к глинисто-карбонатной толще возрастом от среднего эоцена до среднего миоцена. Эти отложения представляют собой крыло куэстовой моноклинали, которая под углами 5–10° падает к северу. На участке 7–11 км в основании трассы залегают молодые отложения конкского, караганского, чокракского горизонтов миоцена. Эти осадочные отложения представлены пестрой глинисто-карбонатной толщей, которая в виду сходства условий седиментации и литологии может быть поделена на горизонты достаточно условно. Тем не менее в обнажениях дорожных выемок отдельные литологические фации и пачки определяются весьма уверенно.

На 7–8 км трассы под маломощным почвенным покровом и позднечетвертичным глинистым и суглинисто-щебнистым покровом мощностью до 1–1,5 м залегает пачка из выветренных глинистых мергелей, песчанистых известняков и песчаников. Слои этих пород не выдержаны, часто замещают друг друга, имеют линзовидный характер.

Наиболее ярко представлен разрез карстующихся среднерастворимых пород на участке 9–10 км. Здесь в дорожной выемке обнажается полный разрез отложений чокрак-конка, контакт с кизилджарской толщей и верхняя часть последней.

Общая геологическая ситуация представлена на сводной геологической колонке (Рис. 1). Таким образом, анализ горных пород вдоль объездной автодороги Дубки – Левадки показал, что на участке представлены карстующиеся породы карбонатного типа (известняки), относящиеся к труднорастворимым разновидностям. Так же выделяются нерастворимые породы мергели и глины, переслаивающиеся с труднорастворимыми.

Первое условие развития карста реализуется через несколько ведущих факторов [2]:

- Развитие карстующихся пород по площади трассы – 50 %.
- Развитие карстующихся пород в разрезе – 27 %.
- Мощность карстующихся пород – до 5 м.
- Величина нерастворимого остатка известняков – более 10 %.
- Характер толщи – переслаивание различных карбонатных пород между собой и с некарстующимися отложениями.
- Тип карста по характеру отложений – преимущественно открытый.

В итоге по геологическим критериям условия развития карста следует считать слабо благоприятными.

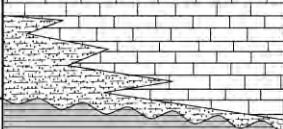
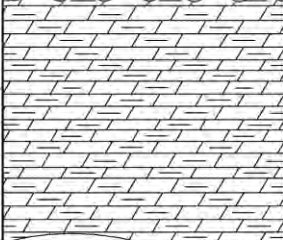
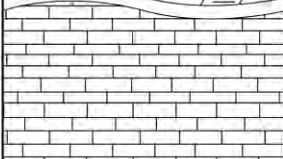
Индекс	Ярус гор-нт	Колонка	Мощ-ть, м	Литология
Q ₄			0,5	почвы
N ₂ km	Таврская свита		1,0	красноцветные глины с кварцевой галькой
N ₁ ck - kn	Конк		1,0	глинистые, песчаные известняки, детритовые известняки
	Караган		0,3	глины
	Чокрак		2,5	водорослевые детритовые известняки, пески, глины, суглинки
P ₃ mk(kd)	Майкопский ярус (Кизилджарская толща)		2,0	глина красноцветная, алевролиты
P ₂ np-al	Новопавловская и альминская свиты		>200	глинистые мергели, мелоподобные мергели
P ₃ bh-sm	Бахчисарайская и симферопольская свиты		>50	известняки нуммулитовые

Рис. 1. Сводная геологическая колонка для объездной автодороги Дубки – Левадки.

Водопроницаемость горных пород – способность горных пород пропускать через себя поверхностные и подземные воды, что обеспечивает развитие карстового процесса. Для карстового процесса характерна поровая, трещинная и каверновая проницаемость. Выявленные на участке объездной дороги известняки обладают всеми видами проницаемости. Молодой возраст известняков, формирование в мелководных условиях с высокодинамичной средой обусловили неравномерную и низкую плотность известнякового матрикса.

Его проницаемость обеспечивается первичной (межплоскостной, биогенной) и вторичной (выщелачивание, деформации) пористостью. В меньшей степени на участке представлена трещинная проницаемость. Очевидно, это связано с молодостью карстовых пород, их слабой литификацией и относительно высокой пластичностью. Крупных тектонических трещин на участке не зафиксировано. По

КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКОВ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С НЕАКТИВНЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ...

косвенным данным незначительные зоны трещиноватости расположены на 8–9 км (балка Булатовская) и 11–12 км (уступ Внешней гряды). В последнем случае фиксируется выветренная приповерхностная зона, получившая в карстологической литературе название «эпикарст». Ее мощность на Внешней гряде невелика (до 1,0–1,5 м от поверхности) в связи с поздним выходом из-под покровных отложений, но увеличивается к югу.

Каверновая и каналовая проницаемость в карстующихся отложениях участка также редки. В ходе обследования горных пород на отрезке 9–11 км выявлено лишь несколько фрагментов каналово-полостных структур как в известняках, так и в проницаемой песчаной толще с заполнением из перекрывающих отложений. Породы эоцена-олигоцена слабопроницаемы.

Таким образом, для карстующихся пород участка объездной дороги преобладающим типом водопроницаемости является поровая пустотность (она достигает в органогенных известняках 24–40 %, в обломочных и детритовых – 14–36 %). Положение в пределах области слабонаклонной куэстовой моноклинали с нейтральными тектоническими движениями и отсутствием разрывных нарушений определило слабо благоприятные для развития карста коллекторские условия.

Наличие движущихся вод. Поверхностные и подземные воды, связанные с карстующимися породами и осуществляющие их растворение, называются карстовыми. От того, насколько долго или часто обводнены карстовые породы, как быстро насыщенные растворенным веществом воды будут заменены новым объемом растворителя, зависит скорость протекания карстового процесса и генерация новых полостных образований. Карстовые воды на участке строящейся трассы формируются за счет площадной и очаговой инфильтрации, линейной и очаговой инфлюации, а также конденсации. Инфильтрационные воды образуются в результате выпадающих осадков, которые просачиваются через почвенный покров и элювиальный горизонт, достигают карстующихся пород, где осуществляют растворение. Количество инфильтрационных вод напрямую зависит от количества атмосферных осадков и с некоторым запозданием повторяет их ход.

Особую опасность представляет инфлюационный сток, который возникает на участках обнаженных скальных пород либо в оврагах и бороздах, открывающихся на дорожное полотно. Необходимо учитывать, что после строительства дороги непосредственно с асфальтного покрытия будут стекать инфлюационные потоки, которые стимулируют не только развитие карста, но и других негативных геоморфологических процессов (суффозия, эрозия, плоскостной смыв и пр.). Поэтому обустройство дороги ливневыми лотками, дренажными системами – обязательный элемент экологически безопасной эксплуатации объекта.

Конденсационные воды имеют минимальное значение для питания карстующихся вод. Наиболее активно они формируются в летний период. Их количество может достигать 5–10 % от годовой суммы осадков.

Количество карстовых вод, взаимодействующих с известняками на участке, зависит от величины испарения. Для Симферополя испарение составляет 450 мм при среднегодовой норме осадков 501 мм [3]. В итоге на подземное питание и поверхностный сток остается чуть более 50 мм. В целом количества

формирующейся влаги недостаточно для активного протекания карстового процесса. Незначительный уклон моноклинали, отсутствие разрывных нарушений и обилие глинистых слабопроницаемых прослоев обеспечивают низкие скорости движения подземных вод, что также отрицательно влияет на рост растворения.

Агрессивность карстовых вод. Карстовые процессы не развиваются, если движущиеся воды находятся в равновесии по составу с растворимой породой. Одним из основных показателей активного развития карстовых процессов является рост минерализации воды. Увеличению агрессивности карстовых вод могут способствовать попадание в них органических и неорганических кислот, образующихся в ходе жизнедеятельности почвенных организмов, растений и в результате использования антигололедных реагентов. Активизация карста происходит при снижении показателей кислотности ниже 7. На период обследования значения pH подземных и поверхностных вод составляли 7,8–8,5, что безопасно для бетонных конструкций.

В итоге агрессивность карстовых вод на участке объездной дороги необходимо признать низкой и слабо благоприятной для современного формирования карста.

Таким образом, следует отметить, что суммарная оценка всех четырех условий развития карста проводится в ходе определения величины химической (карстовой) денудации. Такие расчеты были выполнены ранее [4] и для участка Внешней гряды, где проходит объездная дорога, ее показатель составил 10 мкм/год. С учетом антропогенной активизации карста величина карстовой денудации может увеличиваться до 30 мкм/год [2]. Однако даже это значение в 1,5–2 раза меньше, чем в пределах Горного Крыма.

При карстологических исследованиях необходимо детальное выявление и картографирование поверхностных и подземных карстовых форм, расположенных непосредственно в пределах автодороги и в 100-метровой зоне от ее границ. Особое внимание обращается на «свежие» карстопроявления, что говорит об активизации карстового процесса.

Поверхностные формы представлены различными по морфологии каррами, формирующимися как на обнаженной поверхности известняков, так и под тонким слоем почвы. Здесь встречены и задокументированы карровые поля, обнаженные после удаления почвы. Размеры этих полей – от нескольких десятков метров (на всю ширину трассы) и до нескольких сот метров в длину.

Вдоль вскрытых пластов известняков встречаются мелкие поноры, связанные с трещинами выветривания, ширина раскрытия которых составляет 1–3 см. Количество этих форм невелико. За пределами трассы, на расстоянии до 50 м от нее (9–10 километр), встречено несколько мелких просадок-блюдец диаметром 1–2 м, глубиной 0,3 м. Возможно, они связаны с суффозией или дефляцией почвы.

Классическими формами эпигенного карста являются воронки. На топографической карте 1975 г. (масштаб 1:50000) в районе 7 и 9 км показано несколько воронок глубиной 1–2 м. Полевое обследование этих форм не выявило. Очевидно, что они засыпаны. Аналогичные воронки в окрестностях мемориала Дубки, обследованные авторами в 2010 г., несколько раз обрушивались в мелкие, глубиной до 2 м, пещеры [5].

КАРСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКОВ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С НЕАКТИВНЫМ ПРОЯВЛЕНИЕМ КАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ...

В целом поверхностные карстовые формы выражены несколько лучше подземных.

Подземные формы представлены редкими и мелкими полостными образованиями. Среди них фрагменты вертикальных каналов диаметром до 2–4 см в карбонатно-песчаной толще среднего миоцена (10 км трассы). На бровке Внутренней гряды (11 км трассы) вскрышными работами обнаружен разрез эпикарстовой зоны. Функция эпикарстовой зоны – перевод рассеянных метеорных вод в концентрированный подземный сток. При этом на участках концентрации стока (трещины, каналы, зоны разуплотнения горных пород) могут возникать объемные пустоты.

Таким образом, предварительное обследование линии трассы показало отсутствие крупных карстовых форм, которые могли бы угрожать устойчивости основания полотна автодороги. Однако в предгорье в целом и в Симферополе в частности известны случаи нахождения и вскрытия небольших реликтовых карстовых полостей гипогенного генезиса, формирование которых не связано с современными приповерхностными условиями [6, 7, 8]. По этой причине на карте карстоопасности и карстопораженности [9] крымское предгорье и окрестности Симферополя отнесены к территориям с весьма высоким уровнем потенциальной карстоопасности.

Поэтому в целях более тщательного выявления подземных карстовых форм рекомендуется проводить геофизические исследования, дополненные на проблемных участках буровыми работами.

ВЫВОДЫ

В ходе полевых исследований и камеральной обработки полученных материалов, а также в результате анализа естественно-исторических и антропогенных условий развития карста на участке объездной автодороги Дубки – Левадки можно сделать следующие основные выводы:

1. Оценка основных условий и ведущих факторов развития современного карста свидетельствует о неблагоприятной или слабо благоприятной обстановке для протекания карстового процесса. Это подтверждается низкими значениями химической (карстовой) денудации.

2. В ходе исследования генетических типов карста, установлено наличие только эпигенно-карстовых структур, развивающихся под влиянием рельефа, свободных поверхностных и нисходящих подземных вод. Наличие современного гипогенного карста в активной форме исключается.

3. На участке объездной автодороги выявлено 40 % видов карстопроявлений от всех известных в Крыму. Соотношение поверхностных и подземных карстовых форм составляет 64 и 36 % соответственно. Среди поверхностных форм наиболее распространенными являются карры и карровые поля, мелкие поглотители стока, зоны разуплотнения и дезинтеграции горных пород. Среди подземных форм встречены мелкие трещинные каналы и каверны, хорошо представлена разуплотненная эпикарстовая зона.

4. Морфометрические исследования указывают на молодость и недоразвитость карстовых форм. Параметры морфоскульптур характеризуются минимальными показателями. Отсутствие классических карстовых форм не позволяет применить стандартные методы оценки закарстованности территории (плотность форм, частота провалообразования и пр.).

5. Следует учитывать вероятность существования реликтовых гипогенно-карстовых полостей, которые уверенно не диагностируются поверхностным обследованием. Их выявление возможно с применением геофизических и буровых методов.

6. Все установленные на участке трассы карстопроявления малоактивны вследствие своего молодого возраста и ограниченного количества карстовых вод, лимитирующего интенсивность процессов растворения.

7. Выявлен комплекс негативных экзогенных процессов, среди которых наиболее опасными являются эрозия и суффозия. Эти процессы могут образовывать вместе с карстом парагенезы, которые значительно усиливают негативное воздействие на устойчивость основания дорожного полотна.

8. Рекомендуется в ходе строительства и последующей эксплуатации готового объекта обращать внимание на отведение поверхностных и подземных вод с помощью дренажных систем во избежание инициации негативных инженерно-геологических процессов.

Выполнено по грантовому проекту РФФИ и СОВ МИН №16-45-910583 «р_а»

Список литературы

1. Соколов Д. С. Основные условия развития карста. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 320 с.
2. Дублянская Г. Н., Дублянский В. Н. Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление. Пермь: ПГУ, 1998. 204 с.
3. Ведь И. П. Климатический атлас Крыма. Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. 120 с.
4. Дублянский В. Н., Шутов Ю. И., Амеличев Г. Н. Оценка химической денудации карстовых массивов Горного Крыма // Геологический журнал. 1990. № 4. С. 37–39.
5. Амеличев Г. Н., Дмитриева А. Ю., Самохин Г. В. Гипогенный карст Симферополя (Предгорный Крым) и его эволюция // Спелеология и карстология. 2012. № 8. С. 50–62.
6. Щепинский А. А. Подземная форма карста близ Симферополя // Известия Крымского отдела Географического общества СССР. 1957. № 2. С. 22–23.
7. Душевский В. П. Активизация древнего карста в районе г. Симферополя // Состояние, задачи и методы изучения глубинного карста СССР. М.: Недра, 1982. С. 112–113.
8. Дублянский В. Н., Ломаев А. А. Карстовые пещеры Украины. К.: Наукова думка, 1980. 180 с.
9. Атлас. Автономная республика Крым. Киев – Симферополь: ТНУ, 2003. 80 с.

KARSTOLOGICHESKY RESEARCHES OF SITES OF ROAD CONSTRUCTION WITH INACTIVE MANIFESTATION OF KARST PROCESSES (ON THE EXAMPLE OF THE BYPASS ROAD OF G. OF SIMFEROPOL)

Amelichev G. N., Tokarev S. V., Vakhrushev B.A., Naumenko V. G., Amelichev E. G.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

E-mail: vakhb@inbox.ru

The Crimean peninsula – the territory of active manifestation of the karst processes developed for 84% of its area. The karst will organize paragenetic complexes with other dangerous engineering-geological phenomena. In this regard, unreasoned intervention on geological Wednesday at road construction can include paragenetic interactions, intensifying also other negative processes, connected spatially and genetically with a karst: suffosion, erosion, gravitation (landslides, collapses, sags), fluidifying of soil, etc.

As practice has shown, road транспортное construction in the Crimea intensifies modern karst processes and recovers ancient paleokarstovy cavities. Re-planning of a surface at construction leads to redistribution or change of a superficial or underground drain and, in this regard, emergence of the new centers of infiltration and an influyation of natural and technogenic waters in карстующиеся breeds.

In this regard, the karstologicheskikh of the researches accompanying road construction is purpose assessment of natural and technogenic conditions of development of a karst, identification of his genetic types, superficial and underground karst forms, their morphometry, distribution on the route and activity and also establishment of the negative paragenetic exogenous processes accompanying a karst.

Keywords: karst, anthropogenic activization of a karst, karstoopasnost, engineering-geological processes, road construction.

References

1. Sokolov D. S. Osnovnye usloviya razvitiya karsta (Basic conditions for the development of karst). Moscow: Gosgeoltekhtzdat (Publ.), 1962, 320 p. (in Russian).
2. Dublyanskaya G. N., Dublyanskij V. N. Teoreticheskie osnovy izucheniya paragenezisa karst-podtoplenie (Theoretical foundations of the study of paragenesis of karst-flooding). Perm': PGU (Publ.), 1998, 204 p. (in Russian).
3. Ved' I. P. Klimaticheskij atlas Kryma (Climatic Atlas of the Crimea). Simferopol': Tavriya-Plyus (Publ.), 2000, 120 p. (in Russian).
4. Dublyanskij V. N. SHutov YU. I., Amelichev G. N. Ocenka himicheskoy denudacii karstovykh massivov Gornogo Kryma (Assessment of chemical denudation of the karst massifs of the Crimea) // Geologicheskij zhurnal, 1990, no 4, pp. 37–39. (in Russian).
5. Amelichev G. N. Dmitrieva A. YU., Samohin G. V. Gipogennyj karst Simferopolya (Predgornyj Krym) i ego ehvolyuciya (Hypogene karst Simferopol (Foothill Crimea) and its evolution) // Speleologiya i karstologiya. 2012, no 8, pp. 50–62. (in Russian).
6. SHCHepinskij A. A. Podzemnaya forma karsta bliz Simferopolya // Izvestiya Krymskogo otdela Geograficheskogo obshchestva SSSR (Proceedings of the Crimean Department of the Geographical society of the USSR), 1957, no 2, pp. 22–23. (in Russian).
7. Dushevskij V. P. Aktivizaciya drevnego karsta v rajone g. Simferopolya // Sostoyanie, zadachi i metody izucheniya glubinnogo karsta SSSR (Activation of the ancient karst in the center of Simferopol // State, objectives and methods for the study of deep karst of the USSR). Moscow: Nedra (Publ.), 1982, pp. 112–113. (in Russian).
8. Dublyanskij V. N., Lomaev A. A. Karstovye peshchery Ukrainy (Karst caves of Ukraine). Kiev: Naukova dumka (Publ.), 1980, 180 p. (in Russian).

Амеличев Г. Н., Токарев С. В., Вахрушев Б. А., Науменко В. Г., Амеличев Е. Г.

9. Atlas. Avtonomnaya respublika Krym (Atlas. The Autonomous Republic of Crimea). Kiev-Simferopol': TNU (Publ.), 2003, 80 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 08.06.2017