

**Список литературы:** 1. Сумм Б.Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б.Д. Сумм, Ю.В. Горюнов. – М.: Химия, 1976. – 232 с. 2. Сумм Б.Д. Гистерезис смачивания / Б.Д. Сумм // СОЖ. – 1999. – № 7. – С. 98 – 102. 3. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М.: Мир, 1979. – 568с. 4. Eliseyev V.I. The phenomena of the hysteresis in capillaries / V.I. Eliseyev, V.I. Lutsenko., V.F. Prisiakov // Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources: VII Minsk International Seminar. – Minsk, 2008. – P. 388 – 394. 5. Елисеев В.И. Влияние шероховатости на движение жидкости в капилляре / В.И. Елисеев, В.И. Луценко, Н.П. Анфимова // Геотехническая механика: межвед. сборник научн. трудов. – 2008. – Вып. 74. – С. 54 – 61. 6. Волков В.И. Экспериментальное исследование гистерезиса смачивания / В.И. Волков, С.С. Лескова, Е.Р. Курколуп // Физика. – С. 106 – 110. 7. Кравцов А.В. Параметрическое возбуждение колебаний вязкой двухслойной жидкости в замкнутом сосуде / В.И. Волков, С.С. Лескова, Е.Р. Курколуп // ЖВММФ. – 1993. – Т. 33, № 4. – С. 611 – 619. 8. Калиниченко В.А. Гармоническая неустойчивость поверхности маловязкой жидкости в вертикально колеблющемся сосуде / [В.А. Калиниченко, А.В. Кравцов, Р. Родригес-Мижангес и др.] // ПММ. – 2000. – Т. 64, Вып. 2. – С. 285 – 292. 9. Петров А.Г. Расчет нестационарных волн на поверхности тяжелой жидкости конечной глубины / А.Г. Петров, А.П. Смолянин // ПММ. – 1993. – Т. 57, Вып. 4. – С. 137 – 143.

*Поступила в редколлегию 30.06.11*

УДК 556.388

**И.В. УДАЛОВ**, канд. тех. наук, доц., ХНУ им. Каразина,  
**А.В. ЧУБАРЬ**, аспирант, ХНУ им. Каразина

## **ЕКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННОГО КАРТООБРАЗОВАНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ г. СЛАВЯНСК**

В статті проаналізовано причини виникнення техногенного карсту. На прикладі м. Славянськ розглянуто соляний карст та наслідки його утворення. Наведено прогноз щодо динаміки розвитку техногенного карсту та його проявів.

В статье проанализированы причины возникновения техногенного карста. На примере г. Славянск рассмотрен соляной карст и последствия его образования. Приведен прогноз относительно динамики развития техногенного карста и его проявлений.

The paper analyzes the causes of anthropogenic karst. In the example of Slaviansky considered salt karst formation and its consequences. An outlook on the dynamics of technological development of karst and its manifestations.

На протяжении многих десятков лет проблема подтопления является одной из сложнейших, особенно если она связана с городской агломерацией. На Донбассе эта проблема усугубляется длительной подземной добычей полезных ископаемых, сложностью геологических и гидрогеологических условий территории. Как правило, с подтоплением связаны и просадки земной поверхности. Анализу причин возникновения и развития техногенного карста в районе г. Славянск Донецкой области посвящена эта статья.

Проседание поверхности с образованием озер и карстовых воронок активно происходило и продолжается в современных условиях. Так, проф. С.И. Залесский (1896) ссылается на предания, что «Славянские озера образовались вследствие провалов еще в период господства татар на юге России».

По документальным сведениям (В.П. Семенов-Тянь-Шанский, 1903) образование озера Рапное связано с провалом, имевшим место в 1722 году, в результате которого был разрушен солевыварочный завод, перерабатывающий рассол из колодцев. В этой же книге упоминается о провальном происхождении озера Вейсово, которое иногда пересыхает и на дне его обнаруживается воронка.

К настоящему времени в результате длительного оседания поверхности, озеро Вейсово не пересыхает, как это отмечалось в конце 19 века, а озеро Левадное вообще образовалось в последние десятилетия. С 1872 по 1935 гг. через буровые скважины добывались только природные рассолы вблизи контакта с соляными пластами, и соляной карст развивался только за счет растворения поверхности соляного зеркала. С 1935 года, когда скважины стали углублять в соляные пласты, рассолы стали формироваться также за счет перенасыщения вокруг стволов эксплуатационных скважин, и процессы выщелачивания начали происходить также на глубине.

Карстовые явления на Славянском месторождении обусловлены естественным выщелачиванием соленосных отложений славянской свиты (каменной соли, гипсов, ангидритов) подземными водами и их последующим разрушением. В годы эксплуатации естественных рассолов до 1961 года, процессы образования карста интенсифицировались.

Определено, что основными факторами, определяющими развитие карстовых процессов, являются:

- рельеф местности;
- геологическое строение месторождения (состав, мощность и условия залегания соленосной толщи и покрывающих пород);

- гидрогеологические условия месторождения (приток подземных вод, разгрузка подземных вод).

Поступление атмосферных осадков, поверхностных и подземных вод к соленосным отложениям происходит через сеть балок и оврагов на северо-западе территории – в сводовой части Славянского поднятия, где, по мнению И.Н. Шевченко, выщелачивание и разрушение пород началось еще в конце третичного времени. После того, как в сводовой части соленосные породы были полностью размыты, процессы выщелачивания постепенно начали перемещаться в юго-восточном направлении вглубь по падению пород, с вовлечением в размыв нижележащих пород каменной соли.

Таким образом, фронт выщелачивания достиг долины р. Казенный Торец. Здесь, подземные воды, двигаясь со стороны свода по полостям выщелачивания, каналам и трещинам в разрушенных породах, контактируют с растворимыми породами (в основном с пластами каменной соли), растворяют их. Далее, превращаясь в рассолы, разгружаются, благодаря напору, на участке минимальных гипсометрических отметок через маломощные разрушенные породы дроновской свиты в аллювиальные отложения и минеральные озера. Через поток грунтовых вод и мелкие поверхностные водотоки подземные рассолы, перемешиваясь с пресными водами, непрерывно выносятся в р. Казенный Торец.

Анализ архивных материалов и публикаций показал, что в процессе выщелачивания и выноса растворенных солей в породах образуются заполненные рассолом полости, с ростом которых происходит нарушение устойчивости покрывающих пород и их просадка. Опускание пород достигает поверхности, где развивается мульда оседания, наиболее низкие отметки которой заполняются восходящими рассолами и поверхностными водами, образуя соляные озера с достаточно большой площадью (примером могут служить озера: Рапное, Вейсово, Слепное, Левадное).

Просадка пород сопровождается образованием размывов и трещин, через которые отмечается разгрузка подземных вод. Трещины вытянуты вдоль фронта выщелачивания. В северо-западной части месторождения трещины дают начало карстовым оврагам и балкам, вытянутым на восток. Образование трещин способствует усилению развития карста в сульфатных породах. Наиболее сильное растворение  $\text{CaSO}_4$  до  $6,88 \text{ г/дм}^3$  на Славянском месторождении происходит при содержании  $\text{NaCl}$  в рассолах в количестве около  $114 \text{ г/дм}^3$  [1].

В период интенсивных просадок образование трещин вызвало разрушение наземных сооружений (зданий, железнодорожных путей и др.), особенно в краевой части мульды оседания.

Соляное зеркало в пределах карстующегося массива имеет форму чаши, заполненной разрушенными сульфатными и карбонатно-глинистыми породами гипсовой шляпы.

Максимальная глубина выщелачивания соляных пород находится в центре этой чаши и достигает глубины 190 – 210 м. Южная граница мульды оседания, где процессы выщелачивания происходят наиболее интенсивно, примерно совпадает с границей рассольного артезианского бассейна.

В результате выщелачивания и разрушения соленосных пород, их покрывающих, выше соляного зеркала происходит образование так называемой брекчии выщелачивания. Это переотложившаяся порода, представляющая собой скопление обломков пород и игольчатых кристаллов гипса в массе нерастворимого глинистого материала и заполняющая выщелоченное пространство. Обломки пород образуются в результате механического и физико-химического разрушения, а игольчатые кристаллы гипса – в результате его вторичной кристаллизации при насыщении рассолов NaCl.

На участке распространения песчаных водоносных отложений, последние по трещинам разрыва в нижележащих разрушенных породах в отдельных случаях вовлекаются вниз и заполняют выщелоченные пространства, в результате чего на поверхности образуются конусообразные карстовые воронки, представляющие большую опасность для зданий и сооружений на поверхности. Деформация и разрушение зданий и сооружений, имело место в период добычи естественных рассолов. Часть их унаследована современным рельефом, отчетливо проявляясь в виде локальных блюдцеобразных понижений, обычно заполненных талыми и дождевыми водами. Другая часть выполнена четвертичными осадками, обычно не моложе Q<sub>1</sub>, две из таких воронок вскрыты скважинами А-1061 и А-3431. Установлено, что оседание поверхности и образование карстовых воронок особенно активно происходило в период интенсивной добычи природных рассолов в послевоенное время, способствовавшей поступлению подземных вод к соляным пластам и усилению процесса выщелачивания.

Замечено, что карстовые воронки в пределах мульды оседания расположены с северо-запада на юго-восток, по направлению движения подземных

вод вдоль фронта выщелачивания пород, по осевой части озера Вейсово и озера Рапное, до южной границы рассольного бассейна.

Озерные котловины, как отмечалось, также осложнены карстовыми воронками.

Карстовые воронки встречаются в породах «гипсовой шляпы» и на контакте ее с соляными породами [2, 3].

Выявлено, что химический состав вод в воронках, при их образовании, одинаков с составом вод в самоизливающихся скважинах, но со временем концентрация солей снижается из-за подтока пресных вод.

Отличительной особенностью карста в районе Славянского месторождения является то, что процессы выщелачивания происходят значительно ниже местного базиса эрозии.

Замечено, что неотектонические положительные движения, проявившиеся в четвертичное время, обусловили неоднократное углубление рек Казенный Торец, Долина, фиксируемое серией террас, начиная с нижнечетвертичной до современной, пойменной.

Соответственно этому углублялся базис выщелачивания, вследствие чего в центральной части структуры каменная соль и, в значительной степени, гипсы и даже известняки оказались уничтоженными.

И от некогда мощной толщи галогенных осадков сохранился лишь 50 – 80 м глинисто-карбонатный скелет с незначительными прослоями гипса.

Выявлено, что в настоящее время процессам подземного выщелачивания наиболее интенсивно подвержен Брянцевский пласт каменной соли, мощностью около 40 м, залегающий в пределах закарстованного массива на глубине порядка 200 м.

С 1952 года были начаты маркшейдерские наблюдения за оседанием земной поверхности в пределах карстующегося массива. Наибольшие величины оседания земной поверхности имели место в период интенсивной эксплуатации естественных рассолов (1952 – 58 гг.) и достигали 185 мм/год.

С прекращением эксплуатации рассолов оседание земной поверхности стабилизировалось до 30 – 40 мм в год к настоящему времени, а в отдельных случаях, как, например, в центральной части мульды, происходит уменьшение оседания земной поверхности. В западной части мульды (линия на поселок Северный) отмечается некоторое увеличение оседания.

Как уже говорилось выше, эксплуатация природных рассолов начата человеком путем выпаривания из них поваренной соли в незначительных коли-

чествах и известна с 1650 года.

В середине 19 столетия природные рассолы стали объектом эксплуатации с помощью скважин.

Со временем эксплуатация становилась все более интенсивной, а с 1935 года, наряду с рассолами, стали добывать соль методом искусственного выщелачивания (методом гидровруба), при котором карстовые полости образуются ниже базиса выщелачивания. Все это, усугубило естественно протекающий процесс, в огромной степени интенсифицировало его, что нашло свое продолжение в активизации просадок и деформаций, сопровождавшихся внезапными провалами.

Сохранившиеся архивные документы свидетельствуют о том, что результатом одного из таких провалов явилось образование на месте солевыварочного завода озера Рапного, являющегося в настоящее время лечебной базой Славянского курорта.

Установлено, что в послевоенные годы просадки и деформации, сопровождавшиеся внезапными провалами, приняли угрожающий характер: в северо-восточной части города были выведены из строя большое число одноэтажных кирпичных строений, ряд промышленных объектов. Совместными усилиями треста «Артемгеология», Донецкого политехнического института и содового комбината, Артемовской геологической экспедиции и других организаций был выполнен большой объем разнообразных исследований, позволивших установить, что:

1. В северо-восточной части г. Славянск на площади 5 км<sup>2</sup>, охватывающей территорию бывшего промысла рассолов, сформировалась классическая мульда оседания. Данные режимных маркшейдерских наблюдений на протяжении около 25 лет свидетельствовали, что эта мульда расширяется, в основном в южном и юго-восточном направлениях, прогиб земной поверхности в ее центре, за этот период, составил около 1800 мм, при темпе усадки в отдельные годы до 185 мм/год;

2. Почти все провалы приурочены к участкам расположения эксплуатационных скважин;

3. С увеличением забора рассолов соответственно уменьшается минерализация вод в озерах, что ставит под угрозу существование курорта;

4. Время и место образования провальных деформаций не поддается прогнозированию.

В связи с этим, промысел рассолов был остановлен, а затем полностью закрыт к началу 1961 года, однако немедленного эффекта прекращения или замедления просадок это не дало.

К 1980 году (по данным наблюдений Донецкой режимной станции) естественный режим рассолов практически восстановлен. Естественный вынос солей из массива разгружающимися подземными водами составляет в среднем около 23 тыс. т/год, что соответствует образованию карстовых пустот объемом 10,5 тыс. м<sup>3</sup>. Просадки земной поверхности, компенсирующие карстовые пустоты, не превышают в среднем 18 тыс. м<sup>3</sup>. За 84 года эксплуатации рассолов из массива было извлечено около 12 млн. тонн твердой каменной соли, что соответствует образованию пустот объемом 5,7 млн. м<sup>3</sup>. Одновременно с этим происходил вынос солей из массива и подземными водами, но, к сожалению, данных для количественной оценки последнего за годы эксплуатации нет.

Таким образом, среднегодовой за многолетний период эксплуатации прирост карстовых пустот составил  $5,7 : 84 = 478,8$  млн. м<sup>3</sup>, что гораздо больше цифры компенсации осадок грунта.

Для сравнения приведем следующие данные: за период наблюдений с июля 1952 г. по сентябрь 1953 г. Было добыто 239 тыс. м<sup>3</sup> соли; мульда оседания увеличилась на 44 тыс. м<sup>3</sup>, т.е. объем карстовых пустот компенсировался всего примерно на 40 %. В последующие годы забор рассолов уменьшался, а просадки наоборот возрастали – в следующем году наблюдений добыто 172,8 тыс. м<sup>3</sup>; объем просадок – 56,3 тыс. м<sup>3</sup>; в 1954 – 1955 г. соответственно 163,3 – 76,1 тыс. м<sup>3</sup>, т.е. накопившийся запас пустот компенсируется с нарастающей интенсивностью.

**Выводы.** Анализ материалов показал, что начиная с 1956 – 1957 г., с уменьшением добычи рассолов уменьшилась и компенсация карстовых пустот оседанием.

Установлено, что современные геологические процессы, связанные с выщелачиванием и образованием карста, будут продолжаться неопределенно долго.

Выявлено, что каких-либо критериев для прогноза развития карстовых процессов в настоящее время нет. Можно лишь отметить, что после прекращения добычи рассолов ни одной провальной воронки в пределах карстующейся области не образовалось.

Это дает основание для предположения, что и впредь компенсация карстовых пустот будет происходить путем плавной просадки пород, если не будет включаться человеческий фактор, как катализатор карстовых процессов.

**Список литературы:** 1. *Короткевич Г.В.* Соляной карст / *Г.В. Короткевич.* – Л.: Недра, 1970. – 256 с. 2. *Удалов І.В.* Проблеми підтоплення і шляхи їхнього рішення в регіонах лівобережної України. / *І.В. Удалов, І.К. Решетов, В.К. Янчев* // Підтоплення-2006 – загальні проблеми запобігання та боротьби з регіональним підтопленням земель: Матеріали наук.-практ. конф. – Слов'янськ: НППЦ “Екологія наука техніка”, 2006. – С. 76 – 78. 3. *Решетов І.К.* Особливості карстоутворення в галогенних товщах Бахмутської угловини Донецького прогину / [*І.К. Решетов, В.Г. Суюрко, О.О. Сердюкова, О.В. Чубар*] // Геологія – географія – екологія. – 2011. – № 956. – С. 53 – 58.

*Поступила в редколлегию 23.10.11*

УДК 502.175

**О.В. ГАВРИЛЮК**, ст. преп., ХНАГХ, Харьков;

**И.К. РЕШЕТОВ**, докт. геол.-мин.наук, проф., ХНУ им. Каразина,

**И.В. УДАЛОВ**, канд. техн. наук, доц., ХНУ им. Каразина

## **ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРЬКОВСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

У статті автори, наводять аргументи на користь ГІС в гідрогеохімічних дослідженнях. Дається поняття бази даних і характеристика її основних моделей. Описані етапи створення бази даних гідрогеохімічних досліджень м. Харкова, а також вказані можливі труднощі при виконанні даного проекту.

В статье авторы, приводят аргументы в пользу ГИС в гидрогеохимических исследованиях. Дается понятие базы данных и характеристика ее основных моделей. Описанные этапы создания базы данных гидрогеохимических исследований г. Харькова а также указанные возможные трудности при выполнении данного проекта.

In the article, the authors, arguing in favor of a GIS for hydrogeochemical investigations. The concept of a database and its main characteristic models. Describes the steps to create a database of hydrogeochemical studies of Kharkov, and indicates the potential difficulties in carrying out this project.