

ВИСНОВКИ. Нижньокрейдіві апт-нижньоальбські континентальні утворення містять комплекс корисних копалин, який можна рентабельно розробляти. Створена геолого-генетична модель нижньокрейдівих континентальних відкладів центральної частини Українського щита, яка доповнена цифровою структурно-літологічною моделлю перспективних ділянок є основою для постановки ревізійних робіт на золото в межах досліджуваної осадової формаційної одиниці.

Список літератури

1. Веклич М.Ф. Палеогеоморфологія областей Українського щита. / М.Ф. Веклич// Наук. думка. – 1966. – К-119 с.
2. Ветров В.А. Отчет по общим поискам для оценки перспектив россыпной золотоносности нижнемеловых песков Канев-Звенигородской депрессии в Черкасской области УССР за 1977 – 1980 годы. / В.А. Ветров, В.Р. Риндич, Т.А. Гречушкина//1980. – К.-350 с.
3. Володин Д.Ф. Геологическая карта масштаба 1:50 000 территории листа М-36-98 А, Б, В, Г и М-36-99 А, В/ Д.Ф. Володин // Отчет ГСП № 12 ЮУГЭ за 1960 – 1962 гг. – 1963. – К.-450 с.
4. Геворкьян В.Х. Литология и минералого-геохимические особенности нижнемеловых отложений юга Украины./ В.Х. Геворкьян// Наук. думка. – 1981. К – 276 с.
5. Гойжевский А.А. Рельеф поверхности фундамента Украинского щита/ А.А. Гойжевский // Геол. журн. –1977. – т. 37. – вып. 2. – С. 99 – 107.
6. Гойжевский А. А. Циклы мезо-кайнозойского осадконакопления на Украинском щите/ А.А. Гойжевский, О.Е. Шевченко// Геол. журн. – 1978. – т. 38. – № 6. – с. 1–9.
7. Гойжевский А. А. Тектонические условия образования полезных ископаемых осадочного чехла Украинского щита/ А.А. Гойжевский// Наук. думка. – 1982. – К. -180 с.
8. Гурский Д.С. Металлические полезные ископаемые/ Д.С. Гурский, К.Е. Есипчук, В.И. Калинин// – 2005р.–Т.1– К-783 с.
9. Заруцкий К. М. О находке золота в аллювии погребенных раннемеловых долин центральной части Украинского щита/ К.М. Заруцкий, Ю.И. Ветров, И.Ф. Злобенко // Геол. журн. – 1980. – т. 40. – № 3. – К-с. 149 –151.
10. Ильичева И. П. Условия формирования литофациальных комплексов нижнего мела южного склона Украинского щита/ И.П. Ильичева//дис.. кандидата геол. - мін. наук:04.00.21 – 1992. – К-210 с.
11. Ковальчук М. С. Літологія нижньокрейдівих континентальних відкладів північного схилу центральної частини Українського щита та умови утворення в них розсипищ важких мінералів/ М.С. Ковальчук// дис.. кандидата геол. - мін. наук:04.00.21 / – 1993. – К-230 с.
12. Ковальчук М.С. Мінералогія самородного золота з нижньокрейдівих континентальних відкладів північного схилу центральної частини Українського щита / М.С. Ковальчук // Геол. журн. – 1995. – № 3 – 4. – К-с. 41 – 45.
13. Ковальчук М.С. Особливості міграції золота в еволюційно-генетичному ряду залишкових кір вивітрювання і золотоносних розсипів/ М.С. Ковальчук // Геол. журн. – 2001. – № 2. –К- с. 94 – 102.
14. Ковальчук М. С., Крошко Ю. В. Фанерозойский палеоаллювиальный седиментогенез в пределах Украинского щита/ М.С. Ковальчук, Ю.В. Крошко // Матеріали п'ятої Всеукраїнської науково-красназничої конференції Мінерально-сировинні багатства України: шляхи оптимального використання. Володарськ-Волинський, – 2012. – С. 19 – 22.
15. Литолого-фациальные, палеогеографические карты и карты закономерностей размещения полезных ископаемых территории Украины. – К.: Госгеолслужба Украины, 2001. – 150 с.
16. Семенюк Н. П. Палеогеоморфологічні критерії прогнозу розсипного золота в центральній частині Українського щита/ Н.П. Семенюк, К.М. Заруцький// ДАН України. – 1992. – № 1. – К-с. 84 – 86.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА АКТИВИЗАЦИЮ МЕЛО-МЕРГЕЛЬНОГО КАРСТОГЕНЕЗА

Мохонько Виктория Ивановна

кандидат геологических наук, доцент кафедры технологии неорганических веществ и экологии, Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА АКТИВІЗАЦІЮ КРЕЙДО-МЕРГЕЛЬНОГО КАРСТОГЕНЕЗУ

Мохонько Вікторія Іванівна, кандидат геологічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC FACTORS TO INTENSIFICATION OF CHALK-MARLY KARSTOGENESIS

Mokhonko V.I., candidate of geological sciences, associate professor, East Ukraine Vladimir Dahl National University

АННОТАЦИЯ

Исследованы причины активизации карстового процесса в мело-мергельных отложениях Северскодонецкой равнины. Изучено влияние промышленных сточных вод на активизацию мело-мергельного карстогенеза путем исследования зависимости скорости растворения мела от состава растворителей. Рассмотрено влияние техногенных факторов на изменение гидродинамических условий развития карстового процесса в мело-мергельных отложениях. На основании проведенного анализа сделан вывод о преобладании техногенных факторов в формировании современного карста на исследуемой территории.

Ключевые слова: карстовый процесс, мело-мергельные отложения, активизация, техногенные факторы, кинетика растворения, водоносный горизонт, гидродинамические условия, сточные воды.

АНОТАЦІЯ

Досліджено причини активізації карстового процесу в крейдо-мергельних відкладеннях Сіверськодонецької рівнини. Вивчено вплив промислових стічних вод на активізацію крейдо-мергельного карстогенеза шляхом дослідження залежності швидкості розчинення крейди від складу розчинників. Розглянуто вплив техногенних факторів на зміну гідродинамічних умов розвитку карстового процесу в крейдо-мергельних відкладеннях. На підставі проведеного аналізу зроблено висновок про переважання техногенних факторів у формуванні сучасного карсту на досліджуваній території.

Ключові слова: карстовий процес, крейдо-мергельні відкладення, активізація, техногенні фактори, кінетика розчинення, водоносний горизонт, гідродинамічні умови, стічні води.

SUMMARY

The reasons of karst intensification in chalk-marly deposits are researched. The influence of trade effluent for intensification of chalk-marly karstogenesis is studied. The dependence of a dissolution speed of chalk upon the composition of solvents is researched. The influence of technogenic factors on the hydrodynamic conditions change of karst process in the chalk-marly deposits is examined. Based on the analysis that the prevalence of technogenic factors in the formation of modern karst in the study area is concluded.

Key words: karst process, chalk-marly deposits, intensification, technogenic factors, kinetics of dissolution, aquifer, hydrodynamic conditions, trade effluent.

Постановка проблеми. Карстовий процес являється одним из наиболее сложных и распространенных экзогенных процессов. Он охватывает около 67,3% территории Украины, в том числе более 60% территории Луганской области и во многом определяет уровень экологической комфортности этих территорий. Геолого-экологическая роль карста, а также особенности развития карстовых регионов характеризуются большим разнообразием в зависимости от факторов карстогенеза и условий их проявления в конкретной природной и техногенной обстановке. Проблема эксплуатации и охраны карстовых территорий не может быть решена без учета условий и факторов развития карстового процесса, среди которых в настоящее время все большую роль играют техногенные факторы. Чувствительность карстогенеза к техногенным воздействиям предопределяет необходимость изучения механизмов влияния различных техногенных факторов на активизацию карста, что в свою очередь способствует повышению адекватности оценки скорости карстогенеза на территориях с высоким уровнем промышленного освоения.

Анализ последних исследований и публикаций. Влияние техногенных факторов на активизацию карбонатного карстового процесса рассматривались во многих публикациях (Климчук, 2001, 2004, 206, 2010; Дублянський, Кикнадзе, 1984; Palmer, 1984, 1991, 2003, White, 1988, Злобина, 1986; Шестопапов, 1988 и др.). Результаты моделирования карбонатного карстогенеза с учетом гидродинамических параметров, изложенные в работах [1, 2, 3], позволили выявить ряд закономерностей в формировании и эволюции зон повышенной закарстованности в карбонатных карстовых массивах в безнапорных и напорных условиях.

В то же время, специальных работ, посвященных карстовым явлениям в меловых отложениях, сравнительно немного. Если географическим и геологическим аспектам формирования природных карстовых ландшафтов посвящено достаточно большое количество работ, то геологии техногенного мелового карста, а также воздействию техногенных факторов на формирование мелового карста посвящены редкие публикации [4, 5]. Вместе с тем, эти аспекты изучения мелового карста имеют большое значение при инженерно-геологических изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации промышленных объектов на закарстованных территориях. Показательным является пример Ровенской АЭС, где при проектировании не были учтены возможности развития

карста мела, которые отмечались при инженерно-геологических изысканиях, что привело к возникновению аварийной ситуации при строительстве станции, существенному увеличению стоимости строительства и сроков сдачи в эксплуатацию из-за необходимости разработки и внедрения противокарстовых мероприятий [5].

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Изучение карстовых процессов на территории Лисичанско-Рубежанского промышленного региона в связи с техногенным воздействием на геологическую среду осуществлялось в ходе мониторинга подземных вод Лисичанско-Рубежанского промрайона, проводимого в 1992-1997 гг., а также в ходе проведенной в 1998-1999 гг. карстологической съемки [6, 7]. Причиной проведения исследовательского послужило ухудшение экологической обстановки в регионе, вызванное длительным и интенсивным воздействием на геологическую среду комплекса техногенных факторов, таких как размещение крупных химических предприятий и мест складирования отходов химической и энергетической промышленности, зарегулирование стока р. Северский Донец, интенсивная эксплуатация месторождения трещинно-карстовых вод. По данным проведенных исследований было установлено, что наложение на природно-исторический карстовый процесс длительного и интенсивного воздействия комплекса техногенных факторов в условиях слабой защищенности геологической среды привело к активизации карстового процесса в региональном масштабе и переходу на значительных территориях естественно-исторического карста в техногенно активизированный [8].

Наиболее интенсивная техногенная активизация карстового процесса в мело-мергельных отложениях верхнемелового комплекса наблюдается на территории Северодонецко-Рубежанской промышленной агломерации. Об активизации карстового процесса свидетельствуют рост жесткости и минерализации подземных вод на водозаборах; активная деформация дневной поверхности вследствие образования карстово-суффозионных воронок в границах депрессий водозаборов, вокруг накопителей промышленных стоков, на промышленных площадках предприятий. Рассчитанный по модулю подземного стока и средней минерализации по водозаборах модуль подземной денудации для водозаборов бассейна Северского Донца, составил 120-200 т/км².год, что превышает фоновый более чем в 10 раз. Коэффициент активности карстового процесса в мело-мергельных отложениях в условиях нарушения химического и динамического режимов подземных вод составил 0,24-0,27%, что свидетельствует об

увеличении скорости карстообразования в 5 раз по сравнению с природным фоном [6].

Несмотря на сохранение условий для активизации мело-мергельного карста, мониторинг карстового процесса на исследуемой площади в настоящее время не проводится. Между тем, техногенная активизация мело-мергельного карста представляет значительную опасность для инженерных сооружений и может привести не только к значительному экономическому ущербу, но и к возникновению аварийных ситуаций на промышленных объектах, а также к негативным экологическим последствиям, таким как ухудшение качества и истощение запасов трещинно-карстовых вод, используемых для водоснабжения региона. Наиболее значительная угроза загрязнения трещинно-карстовых вод промышленными сточными водами, содержащими в своем составе различные вредные вещества в концентрациях, в десятки и сотни раз превышающие предельно допустимые концентрации, связана с нарушением целостности противифльтрационных экранов накопителей промышленных отходов и фильтрацией промышленных стоков в карстовые горизонты.

Цель статьи. Целью настоящих исследований являлась оценка и прогнозирование скорости мело-мергельного карстогенеза в условиях его техногенной активизации. Для достижения поставленной цели планировалось решение следующих задач: изучение влияния техногенных факторов на динамику карстогенеза в мело-мергельных отложениях на примере территории, прилегающей к накопителям промышленных отходов производства кальцинированной соды ОАО «Лиссода»; исследование кинетики растворения мела в условиях, моделирующих химическое и тепловое загрязнение карстовых вод отходами производства кальцинированной соды, фильтрующимися из накопителей; исследование влияния эксплуатации трещинно-карстовых вод на активизацию мело-мергельного карстогенеза.

Изложение основного материала. Площадь развития карстового процесса в мело-мергельных отложениях верхнемелового комплекса занимает центральную и северо-восточную часть Северскодонской террасированной равнины, расположенной между южными отрогами Среднерусской возвышенности и северными отрогами главного Донецкого водораздела. Район исследований характеризуется сложными геолого-экологическими условиями, обусловленными, во-первых, геоструктурными условиями (сочленение двух разновозрастных структур – Воронежского кристаллического массива и Донецкого складчатого сооружения, наличие региональных и оперяющих разломов, зон высокой проницаемости и трещиноватости пород); во-вторых – направленностью промышленного освоения (размещение и функционирование крупных предприятий химической промышленности, накопителей промышленных отходов, золоотвалов, а также водозаборов, эксплуатирующих трещинно-карстовый горизонт).

Месторождение подземных вод, приуроченное к трещинно-карстовой зоне верхнемелового комплекса, характеризуется высокой водообильностью и являющееся главным источником питьевого и технического водоснабжения региона. Эксплуатируемый водоносный горизонт гидравлически связан с поверхностными водами и залегающими в зоне активного водообмена водоносным комплексом верхнечетвертичных и современных аллювиальных и плиоцен-среднечетвертичных отложений повсеместного распространения и техногенным горизонтом

спорадического распространения, приуроченного к промышленным площадкам предприятий и накопителям отходов.

Верхнемеловой водоносный горизонт характеризуется безнапорным или малонапорным режимом на водоразделах и напорным режимом в тальвегах балок и долинах. Величина напора изменяется от 5 до 40 м. Режим подземных вод верхнемелового водоносного горизонта относится к типу режимов сезонного (преимущественно весеннего, в меньшей степени осеннего) питания. Питание подземных вод в естественных условиях происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков, подземных вод вышележащих горизонтов и паводковых вод. В настоящее время в питании мело-мергельного горизонта значительная роль принадлежит техногенным растворам.

По составу воды верхнемелового горизонта в ненарушенных условиях гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0,2-0,5 г/дм³ и общей жесткостью 2,5-5 мг-экв./л.

В вертикальном разрезе мело-мергельная толща делится на три характерные подзоны, которые отчетливо фиксируются по kernovому материалу, поглощению промывочной жидкости, подъёму уровня воды в скважине: подзону заиливания и кольматации мощностью от 0 до 10 м, подзону максимальной трещиноватости мощностью до 30-45 м, которая распространяется до глубины 35-50 м от поверхности и содержит основные запасы подземных вод; подзону затухающей трещиноватости, которая с глубины 60-70 м переходит в монолитную толщу – региональный водоупор [7].

Степень трещиноватости изменяется и в горизонтальном направлении. На водоразделах она развита слабо, коэффициенты водопроницаемости средней и нижней подзоны почти не отличаются, верхняя подзона отсутствует. По направлению к местным базисам эрозии увеличиваются мощность трещиноватой зоны и её водообильность.

Водообильность мело-мергельных пород зависит от степени их трещиноватости и мощности трещиноватой зоны, наличия покровных отложений, степени обводнённости, гидравлической связи с подземными водами других горизонтов и поверхностными водными объектами. Максимальная водообильность мело-мергельного горизонта достигала 150 л/с (водозабор «Лесная дача»). На водораздельных участках дебиты скважин составляют от 0,001 л/с до 2,7 л/с. Коэффициент водопроницаемости изменяется от 30-40 м²/сут. на площади плиоценовых террас до 2,5-4,0 тыс. м²/сут. в поймах рек. Коэффициенты фильтрации от водоразделов к пойме изменяются от 0,001-15 м/сут. до 30-110 м/сут. Активная пористость мело-мергельных отложений по данным опытно-миграционных работ составляет 0,037 [9].

По условиям защищённости водоносный горизонт трещинно-карстовой зоны является условно защищенным от инфильтрации загрязнённых стоков с поверхности на водораздельных пространствах и незащищенным в долинах рек, где зона аэрации мощностью 1-20 м представлена в основном песками. Зона заиливания также не выдержана по мощности и не служит препятствием для проникновения загрязняющих веществ с поверхности. Отсутствие естественной защищённости подземных вод и высокая многолетняя техногенная нагрузка привели к изменению гидрогеохимического состава подземных вод и способствовали образованию мощных очагов химического и теплового загрязнения, приуроченных к промышленным площадкам предприятий и накопителям промышленных отходов.

Одной из задач проводимых исследований было изучение кинетики растворения мела, отобранного из трещинно-карстовой зоны, в условиях, моделирующих химическое и тепловое загрязнение карстовых вод высокоминерализованными отходами производства кальцинированной соды ОАО «Лиссода». В настоящее время предприятие не работает, однако утилизация хранящихся в накопителе шламов дистиллерной суспензии не проводилась. Контроль за состоянием отходов и состояния гидротехнического сооружения не проводится.

Предприятия по производству кальцинированной соды по аммиачному методу Сольве, к которым относится и ОАО «Лиссода», являются крупными источниками загрязнённых сточных вод. Согласно общепринятым нормам на тонну производимой кальцинированной соды образуется около 10-12 м³ сточных вод, так называемой дистиллерной суспензии, содержащих в своем составе ионы Ca²⁺, Na⁺ и Cl⁻ в виде CaCl₂ и NaCl, массовая доля которых достигает 98%, и около 250-300 кг твёрдого осадка, включающего CaCO₃, Ca(OH)₂, CaSO₄, массовая доля которого составляет около 80%, а также SiO₂, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃ [10]. В настоящее время отходы содового производства полностью сбрасываются в накопителе.

Накопители ОАО «Лиссода» представляют собой комплекс гидротехнических сооружений общей площадью 177,6 га, состоящий из четырёх отсеков, два из которых эксплуатировались без защиты грунтов и грунтовых вод от загрязнения промышленными стоками более 80

лет. Третий и четвёртый отсеки оборудованы защитными грунтово-плёночными экранами, однако величина фильтрационных потерь из них составляет около 15-26% от общего количества поступающих промышленных стоков. В результате интенсивной фильтрации дистиллерной суспензии из накопителей сформировался крупный очаг химического загрязнения подземных вод, характеризующийся высокими градиентами концентраций загрязняющих веществ. Основными загрязняющими компонентами подземных вод на описываемой площади являются хлориды, аммоний, железо, концентрации которых в подземных водах в десятки и сотни раз превышают предельно допустимые концентрации. Температура подземных вод верхнемелового водоносного горизонта в зоне влияния накопителей превышает фоновые значения на 1-2 оС и составляет 9-11 оС. Средняя температура дистиллерной суспензии в накопителе 16 оС [6].

Исследование кинетики растворения мела проводилось в лабораторных условиях. Изучение химического состава образцов мела, отобранного из мело-мергельной толщи, выполненное методом рентгенофазного анализа в CuKa излучении на дифрактометре ДРОН-7, показало, что мел имеет однородный состав и на 95-96% состоит из кальцита с незначительной долей арагонита (2-3%) и нерастворимых примесей (в основном сульфатов кальция и магния) в количестве 2-3%, практически не влияющих на его растворимость (рис. 1).

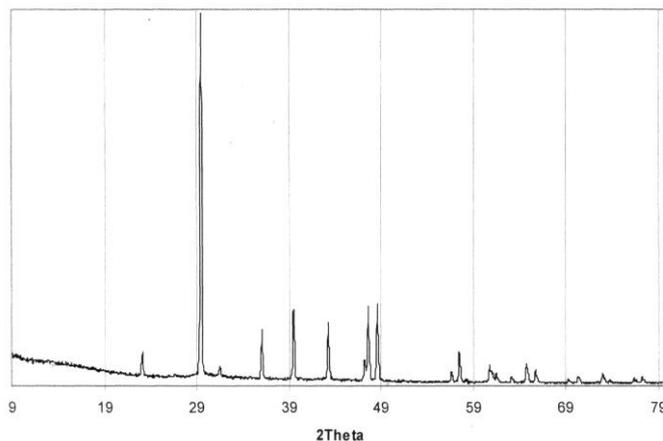


Рис. 1 – Рентгенограмма образца мела

В качестве растворителей использовались: природная вода верхнемелового горизонта (проба 1), фильтрат дистиллерной суспензии из накопителей завода по производству кальцинированной соды ОАО «Лиссода» (проба

5) и смеси природной воды и фильтрата дистиллерной суспензии в соотношении 9:1, 3:1 и 1:3 (пробы 2, 3, 4). Составы модельных растворов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Составы модельных растворов

Номер пробы	Состав, мг/дм ³							pH
	Ca ²⁺	(Na+K) ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
1	95	114	2,13	390	25	12	4,9	6,95
2	2591	2583	13,1	7901	106,88	111,8	4,41	7,06
3	6975	6286	29,46	19168	229,69	261,5	3,76	7,43
4	18811	18629	84,14	56703	639,09	760,5	1,45	7,89
5	25050	24800	111,48	75500	843,78	1010	0,33	9,37

Методика эксперимента заключалась в следующем: в термостатированные стаканы опускались вырезанные из мела пластины диаметром 0,033 м и высотой 0,005 м, затем в них приливались модельные растворы объёмом 0,00005 м³. Соотношение жидкое/твёрдое – 10:1. Через равные промежутки времени (15 минут) растворы перемешивались, отбиралась проба, в которой по стандартной

методике определялась концентрация ионов Ca²⁺. По результатам измерений вычислялись приращения концентрации Ca²⁺ во времени.

По данным вычислений приращения концентрации Ca²⁺ во времени строились кинетические кривые растворения CaCO₃ (рис. 2), по начальным участкам которых рассчитывались приращение концентрации ионов кальция

в единицу времени $\Delta C/\Delta \tau$ и удельная скорость растворения U по формуле

$$U = \frac{\Delta C * V}{\Delta \tau * S}$$

где $\frac{dC}{d\tau}$ – приращения концентрации и времени на начальном участке кинетической кривой;
 S – поверхность растворения;
 V – объём раствора.

Результаты расчётов кинетических характеристик приведены в табл. 3.

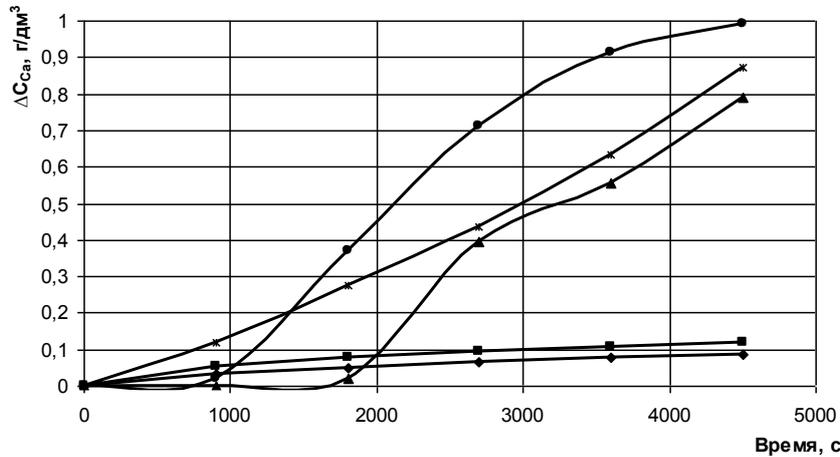


Рис. 2 – Кинетические кривые растворения CaCO₃ ■ - вода; ◆ - дистиллерная суспензия; * - смесь дистиллерной суспензии и воды в соотношении 1:9; ● - смесь дистиллерной суспензии и воды в соотношении 1:3; ▲ - смесь дистиллерной суспензии и воды в соотношении 3:1.

Таблица 3

Кинетические характеристики процесса растворения мела

Номер пробы	Состав растворителей	$\frac{\Delta C}{\Delta \tau}$, г/м ³ *с	U, г/м ² *с
1	природная вода	$5,8 \cdot 10^{-8}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$
2	1 дистиллерной суспензии:9 воды	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$8,3 \cdot 10^{-7}$
3	3 дистиллерной суспензии:1 воды	$4,6 \cdot 10^{-7}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$
4	1 суспензии:3 воды	$4,0 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$
5	дистиллерная суспензия	$3,8 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$

Полученные кинетические характеристики процесса растворения мела свидетельствуют о том, что в модельных растворах, представляющих собой смеси дистиллерной суспензии и природной воды в соотношении 3:1 и 1:3, удельная скорость растворения мела ($2,7 \cdot 10^6$ г/м²·с и $2,3 \cdot 10^6$ г/м²·с, соответственно) на порядок выше, чем в дистиллерной суспензии и природной воде меломергельного горизонта ($0,17 \cdot 10^6$ г/м²·с и $0,3 \cdot 10^6$ г/м²·с соответственно). Следовательно, поступление фильтрата дистиллерной суспензии в трещинно-карстовую зону верхнего мела приводит к нарушению равновесий в водоносном горизонте, созданию условий для проявления как «неравновесной» так и «химической» коррозии смешивания и способствует увеличению на порядок скорости мелового карстогенеза.

Исследования кинетики растворения мела проводились в статических условиях без учета влияния гидродинамических параметров. Однако, как показали результаты гидрогеологических наблюдений, интенсивная эксплуатация трещинно-карстовых вод привела к изменению гидродинамических параметров, что нельзя не учитывать при оценке и прогнозировании карстообразования на исследуемой территории.

Характер влияния изменения гидродинамического режима водоносных горизонтов на активизацию карстового процесса изучался путем анализа данных, полученных в ходе мониторинга подземных вод, проводимого на территории Лисичанско-Рубежанского промышленного

района в 1992-1997 гг. [6, 7], а также в ходе локального мониторинга подземных вод в районе расположения накопителей ОАО «Лиссода».

Накопители расположены в радиусе влияния пяти водозаборов, эксплуатирующих месторождение подземных вод трещинно-карстовой зоны верхнего мела. Наиболее интенсивная эксплуатация месторождения подземных вод наблюдалась в 90-х годах XX века, когда общий водотбор составлял 100,2 тыс. м³/сут. Незначительное количество наблюдательных скважин и отсутствие режимных наблюдений в связи с закрытием предприятия позволяют наметить лишь некоторые тенденции в изменении гидродинамических условий исследуемой территории.

Изучение материалов гидрогеологических исследований показало, что за период эксплуатации карстового водоносного горизонта произошли существенные изменения гидродинамического режима водоносных горизонтов на исследуемой площади. Результаты анализа распределения потоков в естественных и нарушенных условиях свидетельствуют о том, что интенсивный отбор карстовых вод водозаборными скважинами привел к изменению направления движения и уклона подземных вод, условий их питания и разгрузки на большей части площади пространства водоносных горизонтов. В естественных условиях разгрузка подземного потока происходила в р. Северский Донец. При интенсивном водоотборе разгрузка напорных вод верхнемелового водоносного горизонта

стала происходить к сформировавшимся вокруг водозаборов депрессионным воронкам. Произошедшее в результате водоотбора частичное, а на отдельных участках полное осушение аллювиальных отложений в условиях работы водозаборов привело к тому, что на этих участках река Северский Донец превратилась из дрены в источник питания подземных вод. Поступление загрязнённых речных вод в подземные горизонты внесло существенные изменения в химический и температурный режим подземных вод на исследуемой площади.

На площади сформировавшихся в результате водоотбора депрессионных воронок произошло изменение вертикальной гидродинамической зональности: зона полного насыщения превратилась в зону сезонного колебания пьезометрических уровней. В скважинах, приуроченных к областям наибольшего снижения пьезометрических уровней на водозаборах – к центральным частям воронок депрессии установлен нарушенный режим, который характеризуется значительными амплитудами колебаний пьезометрических уровней и определяется режимом эксплуатации верхнемелового водоносного горизонта. Для скважин, расположенных вокруг накопителей ОАО «Лиссода», в которых амплитуды колебания пьезометрических уровней не превышают 1–4 м, характерным является квазистационарный режим. Изменения уровней для этого типа режима характеризуются сезонным восполнением при значительном влиянии водоотбора. Участки сезонного колебания пьезометрических уровней в верхнемеловом водоносном горизонте стали очагами интенсивного водообмена вод различного генезиса и состава, а также их смешения.

В результате водоотбора произошло увеличение водопроницаемости пород мело-мергельного горизонта с 1000-1500 м²/сут. до 3000-4500 м²/сут., а также значительно выросли скорости фильтрации.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что при интенсивном и продолжительном водоотборе вод из трещинно-карстовой зоны верхнемелового водоносного горизонта условия питания, стока и разгрузки подземных вод на изучаемой территории полностью изменились, что привело к увеличению объемов техногенных растворов, поступающих в трещинно-карстовую зону верхнего мела. С помощью корреляционного анализа было установлено, что между объемами подземных вод, загрязнённых отходами содового производства, и вод, отбираемых для водоснабжения, существует тесная функциональная зависимость (коэффициент корреляции $r = 0,983$).

Таким образом, в результате интенсивной эксплуатации месторождения карстовых вод на исследуемой площади создались условия для проявления как «неравновесной», так и «химической» коррозии смешивания, что способствовало значительной активизации мело-мергельного карстогенеза.

Выводы и предложения. На основании анализа данных, полученных в ходе проведенных исследований, установлено, что загрязнение трещинно-карстовых вод сточными водами промышленных предприятий, а также многолетняя интенсивная эксплуатация трещинно-карстовых вод являются основными факторами активизации

карстового процесса в пределах исследуемого района. Поступление промышленных стоков в карстовые горизонты и их смешивание с подземными водами приводит к нарушению равновесий в гидрогеологической системе карстового массива, изменению гидрохимических характеристик трещинно-карстовых вод и способствует повышению их агрессивности по отношению к мело-мергельным породам, а изменение гидродинамических условий в результате интенсивного водоотбора приводит к интенсификации поступления промышленных стоков в трещинно-карстовую зону, увеличению объемов в ней агрессивных вод и созданию условий для поддержания гидрогеохимических процессов, приводящих к активизации карстообразования.

Техногенная активизация карстового процесса требует постановку комплексных исследований, которые позволят обозначить реальные шаги по предупреждению и ликвидации карстовой угрозы в регионе.

Список литературы

1. Palmer A.N. Origin and morphology of limestone caves / A.N. Palmer // Geological Society of America Bulletin. – 1991. – Vol. 103. – P. 1-21.
2. White W.B. Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains / White William B. – New York: Oxford University Press, 1988. – 464 p.
3. Климчук А.Б. Карстообразование в артезианских условиях: концепция «поперечного» спелеогенеза / А.Б. Климчук // Геологический журнал. – 2006. – № 2-3. – С. 181-190.
4. Трегуб С.А. Геологические условия развития карста в Воронежской области / С.А. Трегуб, А.И. Трегуб // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. – 2002. – № 1. – С. 254-258.
5. Максимович Н.Г. О необходимости учета развития мелового карста при строительстве крупных объектов в Беларуси / Н.Г. Максимович, М.С. Первова // Строительная наука и техника. – 2009. – № 3(24). – С. 79-82
6. Отчет о результатах работ по ведению мониторинга подземных вод Рубежанско-Лисичанского промышленного района за период III кв.1992 г. – II кв. 1993 г. – Луганск, 1993. – 62 с.
7. Отчет о результатах работ по ведению мониторинга подземных вод Рубежанско-Лисичанского региона за период 1994-1997 гг. – Луганск, 1997. – 120 с.
8. Мохонько В.И. Эколого-геологические проблемы техногенных карстовых процессов в северо-западном Донбассе / В.И. Мохонько, А.В. Чепижко // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2005. – № 23. – С. 196-203.
9. Гидрогеология СССР: [в 45-ти т.] / [Гл. ред. А.В. Сидоренко]. – М.: Недра, 1971. – Т. 6. Донбасс. – 480 с.
10. Бигбулатов И.Х. Способ утилизации основного отхода производства кальцинированной соды [Электронный ресурс] / [И.Х. Бигбулатов, Р.Р. Насыров, Р.Р. Даминаев, А.Ю. Бакиев] // Нефтегазовое дело. – 2007. – Режим доступа к журналу: <http://www.ogbus.ru>.