
УДК 556.3.01:504.06

Ярошевич И.Н.

Подрезенко И.Н., канд. геол.-мин. наук

Пигулевский П.И., д-р геол. наук, ст.науч.сотр.

(ИППЭ НАН Украины)

**ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ
ВОДОЗАБОРА г. КОМСОМОЛЬСКОЕ ПРИ УГЛУБЛЕНИИ КАРЬЕРА
«СЕВЕРНЫЙ» ДО ГОРИЗОНТА (-50 м)**

Ярошевич І.М.

Подрезенко І.М., канд. геол.-мін. наук

Пигулевський П.І., д-р геол. наук, ст.наук.співроб.

(ІППЕ НАН України)

**ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ РОБОТИ ВОДОЗАБОРУ
М. КОМСОМОЛЬСЬКА ПРИ ПОГЛИБЛЕННІ КАР'ЄРА «ПІВНІЧНИЙ»
ДО ГОРИЗОНТА (-50 М)**

Iyaroshevich I. N.

Podrezenko I. N., Ph. D. (geol.-min.)

Pigulevsij P. I., D.Sc. (geol.), Senior Researcher

(IPNME, NAS of Ukraine)

**OPTIMUM CONDITIONS FOR WATER INTAKE AT DEEPENING OF
SEVERNYY QUARRY, KOMSOMOLSK CITY, TO THE (-50 m) HORIZON**

Аннотация. На основании анализа географического положения месторождения, рельефа местности, расположенности главной водной артерии региона, климатических условий, данных многолетних гидрометеорологических наблюдений, результатов химического анализа подземных вод и р. Кальмиус, базируясь на фундаментальных исследованиях в области геологии, гидрогеологии, гидрохимии, обоснован механизм формирования водообильной зоны, и, как следствие, представлен принцип взаимодействия водопотребляющих объектов системы зумпф-водозабор для прогнозной оценки его ресурсной обеспеченности при углублении карьера. Исходя из механизма формирования водообильной зоны и с учетом координат расположения, установлена приоритетность подпитки инфильтратом скважин городского водозабора и соответствующая подчиненность водопоступления в карьер. Исследована природа карстовых образований в условиях Каракубского месторождения известняков и подтверждена их значимость в гидродинамических процессах на карьере «Северный».

Ключевые слова: водозабор, карьер, водоотлив, ресурс, карст.

Введение. Предприятие «Комсомольское РУ» и город Комсомольское Донецкой области, находясь в силу географического положения в общей водообильной зоне, в результате своей производственной деятельности и реализации социальных потребностей могут оказывать влияние на гидрогеологическую ситуацию в регио-

не, результатом чего могут быть экологические последствия с негативными социально-экономическими результатами. Предполагаемая вероятность развития такого сценария обусловлена, прежде всего, недостаточной изученностью особенности формирования водообильной зоны в регионе, незнанием природной иерархии подземного водонакопления, отсутствием системного анализа по расходу воды бассейна р. Кальмиус в районе и др.

Учитывая большую социальную значимость проблемы водоснабжения и изменяющиеся горно-гидрогеологические условия, связанные с проектным понижением горных работ на карьере «Северный» до отметки (-50 м), проведены исследования влияния на гидрогеологическую ситуацию при углублении в районе водозабора г. Комсомольское.

Объект исследований - водные ресурсы Северного карьера Комсомольского рудоуправления и водозабора г. Комсомольское. **Цель работы** – исследование механизма формирования гидроресурсной базы в изучаемом районе для определения модели водопотребления в системе карьер-водозабор.

Теоретическая часть. Наблюдениями за работой водоотлива и водозабора установлено, что роль притока речных вод в карьер возрастает. Работы Института геологических наук НАН Украины [1], проведенные в 1997 г., показали, что в подземных водах величина доли поверхностных вод в Северный карьер равна 75 %, которая и была принята ГКЗ при утверждении запасов карбонатного сырья. При этом доля латерального потока подземных вод нижнекарбонатного водоносного горизонта со стороны боковых границ составила 14,5 %, отработка емкостных запасов – 4,2 %, инфильтрация атмосферных осадков – 6,6 %. Исследования, проведенные ГРГП «Донецкгеология» в 2007 г. [2], позволили установить долю поверхностных вод в притоках в «Северный» карьер в размере 87,5 %.

В связи с тем, что доля поверхностного стока превышает коэффициент использования запасов подземных вод, принятый ГКЗ [2] равным 0,7 и наблюдается рост данной величины при углублении карьера «Северный», стало возможным: оценить запасы подземных вод не балансовым, а аналитическим методом, используя данные о питании и разгрузке грунтовых вод в пределах бассейна р. Кальмиус: уточнить значение возможного объема водоотлива из карьера, определить основную область питания водозабора г. Комсомольское и количество использованных грунтовых вод водозабором; уточнить объёмы, утвержденные ГКЗ по источнику преимущественного питания водозабора г. Комсомольское за счёт использования нижней зоны трещинно-карстовых вод с углублением карьера «Северный» до глубины (-50 м). В этом случае особо важное значение приобрела проблема наличия взаимосвязи трещинно-карстовых грунтовых вод нижнего карбона с горизонтами грунтовых вод, залегающих в отложениях различных по возрасту и составу пород. Общее направление движения грунтовых вод в районе Каракубского месторождения – от водоразделов к р. Кальмиус и р. Малая Волноваха; региональное направление – вдоль реки Кальмиус к Азовскому морю. Судя по характеру урвненной поверхности, территориальное распределение областей питания и разгрузки контролируется, главным образом, особенностями рельефа и гидрологической сети, а также положением общего базиса эрозии, которое определяется уровнем Азовского моря.

А.М. Горев и др. [3] отмечает, что основным фактором, влияющим на формирование грунтовых вод, являются физико-географические условия, а для напорных вод – геолого-структурные. При этом их питание и разгрузка контролируется блоковым строением района исследований. В.М. Шестопалов и др. (Институт геологических наук НАН Украины, 1980 г.) считают, что на фоне общего направления движения трещинных вод на юг к бассейну Азовского моря наблюдается множество самых разнообразных местных течений, определяемых дренирующим влиянием рек и балок [4].

Указанные положения позволяют установить источник питания подземных вод района г. Комсомольское. Объем среднесуточного карьерного водоотлива за 2008 г. составил $65400 \text{ м}^3/\text{сут.}$ при среднем водозаборе за этот же период $8370 \text{ м}^3/\text{сут.}$ В 1990-1994 гг. среднее значение водозабора составило $5760 \text{ м}^3/\text{сут.}$, а водоотлива $28320 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Очевидно, что такие объемы водоотлива и водозабора не могут обеспечиваться за счет инфильтрации и подтока подземных вод при питании и разгрузке данных вод в пределах тектонического блока района исследований. Следовательно, основным источником питания грунтовых вод в районе г. Комсомольское является вся площадь водосбора р. Кальмиус выше по течению от г. Комсомольское.

Экспериментальная часть. Для определения слоя инфильтрации (в мм) существуют две стандартные методики: метеорологическая, основанная на данных по осадкам и испарению, и вторая методика, основанная на многолетнем наблюдении за расходом реки, построении гидрографа реки и расчленении его на зону верхнего и глубокого подземного питания. Сложность использования данных по испарению связана с многофакторностью его определения (расчленённость рельефа, наличие водоемов и водотоков, инфильтрующей способности грунтов, произрастающей растительности в данном месте и др.). Поэтому за основу принята стандартная методика гидрогеологических исследований, которая широко апробировалась для определения запасов подземных вод в Украине, где рекомендуемый срок режимных наблюдений за стоком реки должен быть не меньше 20 лет.

Исходя из доминирующего влияния на формирование запасов грунтовых вод физико-географических особенностей площади водосбора р. Кальмиус и того, что интегральная величина поверхностного стока и инфильтрации всего бассейна определяется в месте впадения Кальмиус в Азовское море, в качестве объекта определения данных величин был принят створ, расположенный в г. Мариуполь. Слой инфильтрации рассчитывался для всего водосбора р. Кальмиус, поэтому наиболее полно он будет соответствовать среднему ее течению (расположение водозабора г. Комсомольское). Сравнение полученных значений слоя инфильтрации по метеорологическим данным (предложенное экспертами ГКЗ [5]) и по гидрологическим параметрам (табл.1) показало, что величина слоя инфильтрации, рассчитанная с использованием гидрографа реки, соответствует средним значениям, приведенным в работе [5]. Это дало возможность обоснованно использовать значение слоя инфильтрации, рассчитанное по гидрологическим параметрам, для установления обеспеченности водозабора г. Комсомольское с учетом состояния водоотлива карьера «Северный» при его углублении до (-50 м).

Таблица 1 - Среднегодовой объем ресурсов подземных вод на участке разработки карбонатных месторождений Донецкой области

Участок	Площадь водозабора	Слой поверхностного стока, мм	Слой инфильтрации, мм	Объем инфильтрации средний многолетний, тыс.м ³ /сут
Новотроицкий	63,7	65	35	6,1
Еленовский	171,3	46	54	25,3
Шевченковский	144	40	60	23,7
Кипучая Криница и Шевченковский	201	40	60	33,0
Стыльский	301	77	23	19,0
Комсомольский	1570	49,41	36,34	156,3

Для автоматизации расчета суточного объема стока подземных вод, слоя инфильтрации и обеспеченности данных параметров по стандартным геологическим методикам разработана программа на основе языка программирования C⁺⁺. Приняв сток поверхностных вод в карьер «Северный» 75 %, установленный Институтом геологических наук НАН Украины, а также с учетом коэффициента использования запасов подземных вод (равный 0,7) была рассчитана допустимая величина водопритока к карьере «Северный» при 50 %, 75 % и 95 % обеспеченности (табл.2).

Таблица 2 - Результаты расчета водозабора и водопритока при отработке карьера «Северный» до отметки (-50 м)

Параметры	Объем стока, водозабора и водоотлив, м ³ /сутки		
	50 % обеспеченности	75 % обеспеченности	95 % обеспеченности
Объем стока в створе р. Кальмиус (г. Комсомольское)	153861	121715	79678
Объем поверхностного стока $Q_n=Q_i \cdot 0,75$	115396	91286	59758
Объем использования запасов $Q_3=0,7 \cdot Q_n$	80777	63900	41831
Объем водозабора г. Комсомольское	11000	11000	11000
Объем водоотлива карьера «Северный»	69777	52900	30831

Происхождение карста в нижней водообильной зоне является не менее важной проблемой при исследовании гидрогеологических особенностей района.

Для определения источника образования карстовых полостей в пойме реки Кальмиус, в результате воздействия суффозионных и выщелачиваемых процессов, были использованы методы определения насыщенности природных вод карбонатом кальция (K_s), из которых наибольшее распространение получил метод расчета, рекомендованный О.А. Алекиным [6], основанный на том, что хотя растворение $CaCO_3$ и содержание в растворе ионов HCO_3^- и зависят от наличия определенной концентрации диоксида углерода, выделения из раствора $CaCO_3$ определяются концентрацией тех ионов, с которыми Ca^{+2} образует наименее растворимые соли,

т.е. соли карбонатных ионов. Таким образом, концентрация CO_3^{2-} является наиболее важной характеристикой процесса выделения CaCO_3 . Данным методом были определены степени насыщенности природных вод карбонатом кальция на основе собственных исследований (ИППЭ НАН Украины). Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Степень насыщенности природных вод карбонатом кальция

	Карбонатная щелочность Alk, г/л	Степень насыщенности карбонатом кальция, K_s
Створ 3 (пешеходный мост)	0,339	74,58
Зумпф карьера «Северный»	0,330	33,0
Фонтан карьера «Северный»	0,365	7,8
Водозаборная скважина №20а	0,365	16,1
Вода из р. Кальмиус	0,380	3,2

Анализ полученных результатов по степени насыщенности карбонатом кальция показывает, что как грунтовые, так и подземные воды в районе карьера «Северный» и водозабора г. Комсомольское перенасыщены ионами Ca^{+2} . Следовательно, доля участия данных вод в образовании (т.е. химического выветривания карбонатных пород) карста незначительна. Еще одним подтверждением образования карста в результате динамики движения грунтовых вод в исследуемых районах являются особенности карстовых образований, выраженные формами, строго ограниченными трещиноватостью карбонатных пород. Дополнением к этому природному признаку является то, что ровные и гладкие поверхности стенок карстовых образований не имеют признаков химического растворения их.

Исходя из гидравлической связи карстово-трещинных вод с другими безнапорными водами, залегающими в пределах области их питания, можно утверждать, что в пределах карьера «Северный» и водозабора г. Комсомольское область питания будет определяться бассейном реки Кальмиус. Абсолютная отметка поверхности земли в районе водозабора составляет (+72 м). Общая разность абсолютных отметок Главного водораздела (+300 м) и поверхности в районе карьера «Северный» составит 228 м, которая при едином гидравлически связанном водоносном горизонте грунтовых вод и создает тот необходимый гидростатический напор для образования суффозионного карста в районе водозабора г. Комсомольское, о чем свидетельствует глубина карстообразования 240 м в этом районе. В районе карьера «Северный» она составляет 200 м.

Существенный вклад в исследование природы карстообразования внес Д.С. Соколов [7], сформировавший основные условия развития карста и выделивший карст эрозионный, где выщелачивание карбонатных пород играло второстепенное значение. Применительно к потребностям гидротехнического строительства процесс карстообразования детально исследовал А.Г. Лыкошин [8], который создал гидродинамическую классификацию типов карста. В частности, он выделил карст: а) близких эрозионных врезов и б) удаленных эрозионных врезов. Это позволило ему выделить механизм карст-суффозионного процесса, определить минимальные градиенты фильтрационного потока, при которых может происходить вымыв. Ис-

ходя из представлений А.Г. Лыкошина, удаленный эрозионный врез для р. Кальмиус будет определяться поверхностью Азовского моря, т.е. имеющей абсолютную отметку 0. Следовательно, наибольшая закарстованность и, естественно, водопроницаемость в районе г. Комсомольское будет распространяться до нулевой отметки в виду основной роли гидродинамики в ее образовании. Работы, проведенные «Артемгеологией» [9], позволили выделить «условно» абсолютную отметку ноль, разделяющую верхнюю и нижнюю зоны трещинно-карстовых вод, соответственно с водопроницаемостью 1680 м²/сут. и 1300 м²/сут., что вполне обосновано, исходя из условий гидродинамического образования карста, где химическое растворение имеет подчиненную роль.

По данным ОАО «Комсомольское рудоуправление» проектное время отработки карьера «Северный» до горизонта (-50 м) составит 15 лет. Тогда среднее понижение уровня воды в скважинах водозабора и карьера за этот период соответственно будет равно 15 м и 20 м. На 13.08.2009 г. уровень воды в водозаборе по данным гидрогеологической службы рудоуправления находился на отметке (+16,25 м). В этом случае расчетное понижение уровня грунтовых трещинно-карстовых вод в скважинах водозабора при углублении карьера до горизонта (-50 м) будет расположено на абсолютной отметке (+1,25 м). При равенстве скорости отработки и скорости понижения уровня воды в водозаборе зеркало воды будет расположено на абсолютной отметке (-4,45 м). Запасы подземных вод, посчитанные в 1972 г. трестом «Артемгеология», исходя из снижения уровня воды на водозаборе г. Комсомольское (в конце расчетного срока эксплуатации в 2000 г. при отработке горизонта -7 м) до абсолютной отметки (+0), полностью исчерпаны. В то же время фактические данные показывают, что при углублении карьера до горизонта (-30 м) в 2009 г. уровень воды в скважинах водозабора находится на абсолютной отметке (+15 м). Таким образом, очевидно, что применение геолого-структурного метода для оценки запасов воды не приемлемо для грунтовых трещинно-карстовых вод.

В связи с тем, что ресурсы нижней зоны трещинно-карстовых вод поддерживаются запасами инфильтрующей воды всего бассейна р. Кальмиус, залегающего выше г. Комсомольское, рассмотрены значения водопроницаемости этой зоны, полученные в результате пробных интервальных и опытных групповых откачек в районе карьера «Северный». В качестве сравнения приведены данные о водопроницаемости верхней и нижней зоны, представленные в отчете «Артемгеология», табл.4.

Таблица 4 – Водопроницаемость трещинно-карстовых зон

Участок	Водопроницаемость, м ² /сутки		
	верхняя	нижняя	Средняя по данным групповых откачек
Новотроицкий	3532	343	2240
Еленовский	880,7	279,9	-
Шевченковский	3496	3569	1156
Кипучая Криница	3500-4000	500-1000	-
Комсомольский	1676	1301	665

Анализ показывает, что верхняя зона обладает более высокими фильтрационными свойствами по сравнению с нижней, что подтверждает вывод о влиянии на верхнюю зону удаленного базиса эрозии (уровенной поверхности Азовского моря).

Учет различных типов пустот в закарстованных и трещиноватых породах выполнен Г.И. Баренблаттом и Ю.П. Желтовым [10]. Они ввели понятия о средах с «двойной пористостью». Неоднородные трещиноватые и закарстованные породы представляются в виде гетерогенной структуры, состоящей из двух водопроницаемых сред, вложенных одна в другую. Движение подземных вод происходит в двух средах: трещинах, каналах, зонах значительной проницаемости (среда 1) и в блоках мало проницаемых пород (среда 2). Механизм движения жидкости в породах с двойной пористостью выглядит следующим образом. Во время откачки в среде 1 происходит значительное изменение напора за счет высокой проницаемости среды. В среде 2 в силу меньшей проницаемости среды напор сравнительно долго сохраняет первоначальное значение. В результате между напором подземных вод, находящихся в средах 1 и 2, возникает скачок. Этот скачок появляется в начале откачки. Со временем происходит переток воды из среды 2 в среду 1 и перераспределение напоров. В конечном счете, скачок между напорами в средах ликвидируется. Процесс ликвидации тем длительнее, чем больше разность между проницаемостью в средах 1 и 2. Продолжительность может составлять от нескольких минут до десятков суток. Водопроницаемость нижней и верхней зоны, определяемая по пробным откачкам, в течение около 2-х суток, составляет 1300-1600 м²/сутки для 1-й среды, а значения, полученные по групповым опытными откачками, проводимым в течении 7 суток, определяются величиной 660 м²/сутки, что характерно для 2-й среды. Исходя из этого водопроницаемость нижнего слоя принимаем равной 1300 м²/сутки (это подтверждается наличием фонтана на горизонте (-30 м).

Для расчета понижения уровня в условной скважине целесообразно ужесточение в сторону уменьшения водопроницаемости, в связи с чем ее величина принята 660 м²/сутки. Данный расчет производился по эмпирической формуле О. Г. Кусакина. Величина понижения S для безнапорных вод (при мощности водоносного горизонта $H=90$ м, коэффициенте фильтрации $K_f=4,7$ м/сут., радиусе влияния $R=60$ м) равна 1,46 м. Нахождение водозаборного насоса на абсолютной отметке (-51,46 м) будет достаточным условием того, что влияние депрессионной воронки в результате водоотлива из карьера не будет оказывать никакого влияния на уровень водозаборной скважины.

Выводы. 1. Применение для расчетов областей питания и разгрузки грунтовых вод блочной модели структуры района в условиях Каракубского месторождения является неприемлемым, так как при этом не учитывается гидравлическая связь трещинно-карстовых вод нижнего карбона с горизонтами грунтовых вод, залегающих в отложениях различных по составу и возрасту. Использование блочной модели структуры для расчета конкретных условий приводит к получению результатов, не соответствующих реальности.

2. Характер уровенной поверхности грунтовых вод, территориальное распределение областей питания и разгрузки контролируется особенностями рельефа (водоразделами) и водопотоками всей водосборной площади р. Кальмиус, региональное

направление которых направлено в сторону Азовского моря (общего базиса эрозии).

3. Поставщиком грунтовых вод к карьере «Северный» и водозабору г. Комсомольское является весь бассейн р. Кальмиус, расположенный выше по течению г. Комсомольское.

4. Рассчитанная по стандартным методикам обеспеченность водозабора г. Комсомольское и водоотлива карьера «Северный» при углублении его до -50 м не влияет на балансовые запасы водозабора в размере 11000 м³.

5. Ввиду образования карста под действием эрозии карбонатных пород фильтрационными потоками, определяемыми гидравлическим напором грунтовых вод, как результат положения урвенной поверхности на главном водоразделе и в районе водозабора, позволяет в качестве главного источника водоснабжения г. Комсомольское использовать нижнюю водообильную зону при углублении карьера «Северный» до отметки -70 м.

6. Водозабор г. Комсомольское осуществляет перехват как поверхностных, так и грунтовых вод, поступающих в карьер «Северный». Величина, составляющая долю притока поверхностных вод к карьере «Северный», равна 93,2 %, а средняя величина, составляющая долю притока поверхностных вод к карьерам «Северный», «Южный» и «Жеголевский», составляет 88,3 %. При перехвате водозаборными сооружениями подземных вод, попадающих в карьеры, среднегодовое понижение зеркала грунтовых вод в водозаборах меньше среднегодового углубления карьеров.

7. Рекомендуемая глубина расположения насоса в водозаборных скважинах должна находиться на абсолютной отметке (-52 м). При этом обеспечивается соответствие параметрам, предъявляемым к эксплуатации водозабора, в том числе гарантированный ресурс 11000 м³/сутки и независимость от работы водоотлива производительностью до 80000 м³/сутки (50 % обеспеченности) из карьера «Северный» при отработке его до горизонта (-50 м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решение горных и водохозяйственных проблем в районе флюсодобывающих предприятий юга Донбасса на основе полевых гидрогеологических исследований и создание ПДМ: отчет о НИР (заключит.): Институт геологических наук НАН Украины. - Киев, 1997. - 140 с.

2. Заключение о выполненных работах по определению поверхностного стока в формировании водопритоков в карьеры ОАО «Комсомольское рудоуправление» г. Волноваха. - ГРГП «Донецкгеология». - Донецк, 2007. - 36 с.

3. Горев, Л.М. Гидрохимия Украины / Л.М. Горев, В.И. Пелешенко, В.К. Хильчевский. - К.: Вища школа, 1995.- 307 с.

4. Шестоपालов, В.Н. Водообмен в гидрологических структурах Украины / В.Н. Шестоपालов, В.И. Лялько, Н.С. Огляник [и др.]- К.: Наук. думка, 1989.- 288 с.

5. Водоснабжение населенных пунктов Волновахского и Старобешевского районов Донецкой области: Протокол №6858 заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ) от 21 марта 1973 г. - 1973.- 127 с.

6. Алекин, О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин.- Л.: Гидрометеиздат, 1970.- 442 с.

7. Соколов, Д.С. Основные условия развития карста / Д.С. Соколов. - М.: Госгеолтехиздат, 1962.- 321 с.

8. Лыкошин, А.Г. Карст и гидротехническое строительство / А.Г. Лыкошин. - М.: Стройиздат, 1981.- 350 с.

9. Отчет о гидрологических исследованиях карбонатной толщи С₁¹ с целью водоснабжения г. Докучаев-

ска и других объектов с разработкой оптимальных условий эксплуатации водозаборов и карьеров: отчет о НИР / Трест «Артемгеология»; рук. А.Е.Артемченко, исп. Н.П.Киселев [и др.]. - Артемовск, 1972.- 710 с.

10. Гордеев, П.В. Гидрогеология / П.В. Гордеев, В.А. Шемякина, О.К. Шулякова.- М.: Высш. школа, 1990. – 448 с.

REFERENCES

1. *Reshenie gornyykh i vodokhozyaystvennykh problem flyusodobyvayshchikh predpriyatiyyuga Donbassa na osnove polevykh gidrogeologicheskikh issledovaniy i sozdanie PDM: otchet* (1997) [Report on: «The solution mining and water issues in the area south of Donbass gumboil taking enterprises on the basis of field research and the creation of hydrogeological PDM»], The Institute of geology sciences NASU, Kiev, Ukraine.

2. *Zaklyuchenie o vypolnennykh rabotakh po opredeleniyu poverkhnostnogo stoka v formirovaniy vodopritokov v karery OAO "Komsomolskoe rudoupravlenie"* [The conclusion of the work performed to determine the surface runoff in the formation of water inflows in the career of "KomsomolRudoupravlenie"] (2007), GRGP «Donetskgeology», Volnovaha. Ukraine.

3. Gorev, L.M., Peleshenko, V.I. and Hilechevskij, V.K. (1995), *Gidrohimiya Ukrainy* [Hydrochemistry of Ukraine], Vischa shkola, Kiev, Ukraine.

4. Shestopalov, V.N., Lyalko V.I., Ognnyannik N.S. and ect. (1989), *Vodoobmen v gidrologicheskikh strukturah Ukrainy* [Water exchange of hydrological structures in Ukraine], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.

5. *Vodosnabzhenie naseleennykh punktov Volnovahskogo i StarobeshevskogorajonovDoneckoj oblasti Protokol №6858 zasedaniya gosudarstvennoj komissii po zapasam poleznikh iskopaemikh pri Sovete ministrov SSSR (GKZ) ot 21 marta 1973 g.* (1973), [The protocol №6858 of the State Commission on Mineral Reserves under the Council of Ministers of the USSR (SRC) of 21 March 1973 Water system of settlements Volnovakha and Starobeshevskiy of Donetsk region], Donetsk, Ukraine.

6. Alekin, O.A. (1970), *Osnovi gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry], St. Peterburg, Russia.

7. Sokolov, D.S. (1962), *Osnovnye usloviya razvitiya karsta* [The basic conditions for the development of karst], Gosgeolizdat, Moscow, Russia.

8. Likoshin, A.G. (1981), *Karst i gidrotehnicheskoe stroitelstvo* [Karst and hydraulic engineering], Strojizdat, Moscow, Russia.

9. Artemenko, A.E. and Kiselev N.P. (1972), *Otchet o gidrologicheskikh issledovaniyah karbonatnoj tolschi C₁¹ s celuy vodosnabzheniya g. Dokuchaevska i drugih obektov s razrabotkoj optimalnih uslovij ekspluatatsii vodozaborov i karerov* [Report on hydrological researches of carbonate stratum C₁¹ to water of Dokuchaevsk and other objects with the development of optimum operating conditions intakes and quarries], trest Artemgeologiya, Artemovsk, Ukraine.

10. Gordeev, P.V., Shemyakina, V.A. and Shulyakova O.K. (1990), *Gidrogeologiya* [Hydrogeology], Visshaya shkola, Moscow, Russia.

Об авторах

Ярошевич Ирина Николаевна, инженер 2-й категории в отделе Антропогенных изменений геологической среды, Институт проблем природопользования и экологии Национальной академии наук Украины (ИППЭ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, ira2156@yandex.ru.

Подрезенко Игорь Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, в отделе Антропогенных изменений геологической среды, Институт проблем природопользования и экологии Национальной академии наук Украины (ИППЭ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, ippe-main@svitonline.com

Пигулевский Петр Игнатьевич, доктор геологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник в отделе Антропогенных изменений геологической среды, Институт проблем природопользования и экологии Национальной академии наук Украины (ИППЭ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, <http://ippenan.com/>

About the authors

Iyaroshevich Irina Nikolaevna, Engineer of 2 category in Department of Human-Induced Changes in the Geological Environment, Institute of Problems of Nature Management and Ecology under the National Academy of Sciences of Ukraine (IPNME NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, ira2156@yandex.ru.

Podrezenko Igor Nikolaevich, Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Researcher in Department of Human-Induced Changes in the Geological Environment, Institute of Problems of Nature Management and Ecology under the National Academy of Sciences of Ukraine (IPNME NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, ippe-main@svitonline.com.

Pigulevsij Petr Ignatevich, Doctor of Geological Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Human-Induced Changes in the Geological Environment, Institute of Problems of Nature Management and

Анотація. На підставі аналізу географічного положення родовища, рельєфу місцевості, розташування головної водної артерії регіону, кліматичних умов, даних багаторічних гідрометеорологічних спостережень, результатів хімічного аналізу підземних вод та р. Кальміус, базуючись на фундаментальних дослідженнях у галузі геології, гідрогеології, гідрохімії, обґрунтований механізм формування водорясної зони, і, як наслідок, представлений принцип взаємодії водоспоживчих об'єктів системи зумпф - водозабір для прогностичної оцінки його ресурсної забезпеченості при поглибленні кар'єра. Виходячи з механізму формування водорясної зони і з урахуванням координат розташування, встановлена пріоритетність підживлення інфільтратом свердловин міського водозабору і відповідне підпорядкованість водонадходження в кар'єр. Досліджено природу карстових утворень в умовах Каракубського родовища вапняків та підтверджена їх значимість у гідродинамічних процесах на кар'єрі «Північний».

Ключові слова: водозабір, кар'єр, водовідлив, ресурс, карст.

Abstract. Basing on analysis of geographical location of the deposit, lay of land, location of main water artery of the region, climatic conditions, long-term data of meteorological observations, results of chemical analysis of groundwater and the Kalmius River, and fundamental geological, hydrogeological, hydrochemical studies, the authors explain a mechanism of forming areas with high water content and, consequently, a mechanism of interaction between the water-consuming objects in the “sump-water intake” system. Both mechanisms are used for prognostic assessing resource sufficiency of the quarry at its further deepening. Basing on the mechanism of forming areas with high water content, and taking into account location coordinates, a priority is set for infiltration for recharging wells in the municipal water-intake system with appropriate subordination of water supply into the quarry. Nature of karst formations in Karakubskiy limestone deposit was studied and their importance for hydrodynamic processes in the Severnyy quarry was confirmed.

Keywords: Water intake, stone-pit, pumping, resource, karst.

*Стаття поступила в редакцію 16.09.2013
Рекомендовано к публікації д.геол.наук В.А. Барановым*