

УДК 556.3.01

Е. А. Черкез¹, доктор геол.-мин. наук, профессор
В. И. Мединец², канд. физ.-мат. наук, руководитель Центра
В. К. Свистун³, начальник экспедиции
П. И. Пигулевский³, доктор геол. наук, с.н.с., главный геофизик
О. А. Буняк¹, аспирант
А. А. Быченко¹, студ.

¹ кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,

² региональный центр интегрированного мониторинга и экологических исследований,
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина
enggeo@onu.edu.ua

³ Днепропетровская геофизическая экспедиция «Днепрогеофизика»,
ул. Геофизическая, 1, Днепропетровск, 49057, Украина
dprge@ukr.net

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ

Приведена общая характеристика гидрогеологических условий о. Змеиного. На основе результатов многолетних метеорологических, гидрологических и гидрогеологических наблюдений прибрежных и подземных вод острова проанализирована временная изменчивость гидродинамических и физико-химических характеристик подземных вод. Выявлены основные факторы формирования режима подземных вод.

Ключевые слова: гидрогеологические условия, режим подземных вод, о. Змеиный.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование режима подземных вод является одной из составляющих общего комплекса гидрогеологических исследований, проводимых при оценке перспектив использования подземных вод для различных целей, изучения взаимной обусловленности деформационных и фильтрационных процессов, поиска и обоснования критериев гидрогеологических предвестников эндогенных и экзогенных геологических процессов [1, 3, 4, 8, 11, 12]. При изучении режима подземных вод особое внимание уделяется выявлению природных и антропогенных факторов, которые определяют наблюдаемые изменения в подземных водах. Под режимобразующими факторами понимаются процессы, которые, изменяясь во времени, приводят к изменениям в подземных водах. При этом выделяются *экзогенные, геодинамические*, а также *искусственные* или *антропогенные* [1].

Гидрогеологическая изученность украинской части шельфа Черного моря существенно ниже, чем территории прилегающей суши в связи с практически

полным отсутствием гидрогеологического бурения [12]. Поэтому особый интерес представляет изучение подземных вод единственного в западной части Черного моря острова Змеиный. Уникальный в геологическом отношении остров [6, 10], расположенный в открытом море, может быть своеобразным полигоном для проведения гидрогеодинамического мониторинга, направленного на изучение и прогноз геодинамических процессов, факторов формирования режима подземных вод, водообмена подземных и морских вод.

Для о. Змеиногo, как и для многих морских островов и морских побережий, характерны весьма своеобразные условия залегания подземных вод. Их питание осуществляется, главным образом, за счет конденсации влаги, возникающей при перепаде дневной и ночной температур, и атмосферных осадков, проникающих с поверхности в трещиноватые горные породы (инфильтрация и инфлюация), а также водообмена с нижележащими водоносными горизонтами и морскими водами. В результате происходит локальное накопление пресной воды в трещинной среде и формируется водоносный горизонт.

Детальные гидрогеологические и геофизические исследования на острове проводятся с 2002 г. Днепропетровской геофизической экспедицией «Днепро-геофизика». По результатам геофизических исследований с целью поиска источников питьевых подземных вод для водоснабжения острова было рекомендовано бурение трех скважин № № 2, 4, 5 [9] (рис. 1).

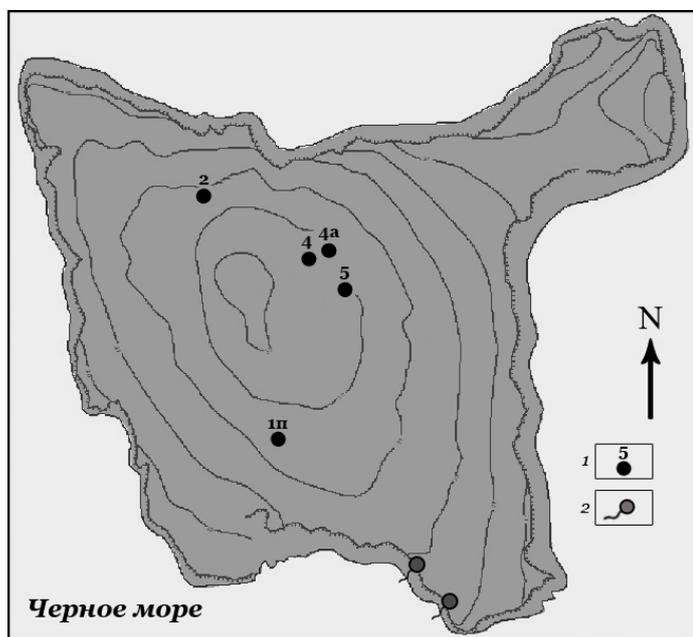


Рис.1. Схема расположения скважин на о. Змеиный.
1 – скважина и ее номер; 2 – выявленные выходы подземных вод.

Комплексные исследования экосистемы о. Змеиного и его прибрежных вод, в том числе и гидрогеологические исследования подземных вод проводятся с 2003 г. по настоящее время Одесским национальным университетом имени И. И. Мечникова [6, 7] и Днепропетровской геофизической экспедицией «Днепрогеофизика» [9].

Цель работы заключалась в выявлении основных факторов, определяющих режим подземных вод острова Змеиный. При этом *объектом исследования* были подземные воды, а *предметом исследования* – основные особенности режима подземных вод и факторов его формирования.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДИКИ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ

Для проведения исследования использованы результаты гидрологических и метеорологических наблюдений (уровень моря, атмосферное давление, атмосферные осадки), проведенных с 2003 по 2013 гг. сотрудниками научно-исследовательской станции «Остров Змеиный» Центра интегрированного мониторинга и экологических исследований ОНУ имени И. И. Мечникова. Использованные методы подробно описаны в работах [6, 7].

Для получения данных о динамических (уровень, давление) и физико-химических (температура, минерализация) параметрах подземных вод в скважинах № 2 и № 4 (рис.1) использовались датчики (автономные регистраторы данных) Mini-Diver фирмы Schlumberger с диапазоном измерения уровня до 10 метров (DI501) и до 50 метров (DI505). Точность измерений первого составляет $\pm 0,25$ см, а второго 1,0 см, при разрешающей способности 0,1 см. Диапазон рабочих температур 0оС – 40оС при точности $\pm 0,1$ оС и разрешающей способности 0,01оС. Для определения минерализации использовался STD-Diver с диапазоном измерения уровня воды до 30 метров (DI263) и электропроводности (удельной проводимости) от 0 до 80 мкСм/см при точности 10 мкСм/см. Программирование датчиков и считывание информации с них выполнялось с использованием программного пакета Logger Data Manager 5 (LDM).

Необходимо отметить, что наблюдения за уровнем, температурой и минерализацией подземных вод на острове ведутся ДГЭ «Днепрогеофизика» в эксплуатируемой скважине № 2 с 2003 г. по настоящее время, а в наблюдательной скважине № 4 они велись только в период с 2005 по 2008 гг. Поэтому основной массив данных, который мы использовали, включает 3-х летний временной ряд с 2005 по 2008 гг., когда датчики контроля были установлены в обеих скважинах. Параметры регистрировались каждые 20 мин (72 замера в сутки). Важно подчеркнуть, что изучение режима подземных вод с помощью расположенных в скважинах датчиков высокой чувствительности и с относительно высокой частотой считывания данных обеспечивает получение качественно новой информации о периодичности физико-химических и гидрогеодинамических процессов.

Обработка исходных материалов проводилась в универсальной системе статистического анализа данных *Statistica*, в частности, с использованием методов спектрального анализа (*Fourier analysis*), сезонной декомпозиции (*Census 1*) и кросскорреляционной функции модуля «*Time Series Analysis*».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Остров Змеиный площадью 20,5 га – единственный останец суши девонского времени на северо-западном шельфе Черного моря с максимальной высотой поверхности в пределах водораздельного плато 40 – 41 м.

В геологическом строении о. Змеиного принимают участие палеозойские отложения, включая силур и девон, а также кайнозойские образования. Горные породы представлены мощной флишеподобной толщей, состоящей из пластов конглобрекчий и тонких прослоев песчаников, конгломератов, аргиллитов и алевролитов [6, 10]. Для пород характерно формирование различных по форме и размерам пустот и трещин, имеющих тектоническую и литогенетическую природу. Тектонические трещины прямолинейные и расположены системно. Такие особенности присущи как для микро-, так и для макротрещин, что обусловлено постоянством тектонических напряжений в пределах отдельных мегаблоков. Литогенетические трещины субгоризонтальные и, как правило, совпадают с поверхностями наслоения. Ширина трещин в зависимости от мощности слоев пород и их прочности изменяется от 0,01 м до 0,1 – 0,2 м. Размеры блоков на отдельных участках острова могут существенно различаться – от 0,1 – 0,2 м до 6,0 – 8,0 м.

Гидрогеологические особенности острова определяются его гео-структурным положением, геолого-геоморфологическими условиями и природно-климатическими факторами, которые влияют на режим, питание и разгрузку подземных вод.

По геофизическим данным водовмещающими породами верхней части разреза в интервале 0 – 33 м являются грубообломочные отложения на кварцевом цементе – конгломераты, конглобрекчии, валунно-галечные образования, а также песчаники, гравилиты с прослойками аргиллитов. Ниже глубины 35 м породы имеют повышенную трещиноватость и кавернозность, что свидетельствует об их значительных коллекторских свойствах. В нижней части разреза в диапазоне глубин 96 – 110 м выделяется пачка массивных кварцевых, местами глинистых песчаников и обломков конгломератов. Песчаники трещиноватые, особенно в промежутке 106-107 м [9].

По результатам гидрокаротажных исследований скважин ДГЭ «Днепро-геофизика» установлены интервалы толщ водовмещающих пород, а именно: 38,0 – 54,6 м; 57,6 – 74,0 м; 80,8 – 109,4 м. Две верхние толщи содержат подземные воды с минерализацией 1,9 – 2,3 г/дм³, которая возрастает по глубине. Это указывает на то, что в пределах толщи конгломератов существуют два водоносных подгоризонта, разделенные породами пониженной трещиновато-

сти – относительно водоупорным слоем. Статический уровень подземных вод устанавливается в зависимости от рельефа на глубинах 32,0 – 36,9 м, т. е. на отметках, близких к уровню моря. Сопоставление глубин интервалов водовмещающих пород с величинами статических уровней показывает, что верхний подгоризонт является напорным.

Вдоль берегового обрыва наблюдаются периодические выходы подземных вод в виде небольших источников (рис. 1).

Для оценки влияния на подземную гидросферу острова хозяйственной деятельности мы проанализировали режим эксплуатации подземных вод в скважине № 2, имеющей глубину 56 м. Было выявлено, что длительность откачек из скважины в среднем составляет 8 – 9 часов с перерывами в несколько дней, в летнее время – практически ежедневно. Понижение уровня подземных вод в период откачек достигает 7 – 8 м при рекомендованном режиме водоотбора до 5 м³ в сутки.

Анализ исходных данных суточных наблюдений за динамическими и физико-химическими параметрами показал, что при эксплуатации подземных вод происходит изменение их температуры и минерализации, которые фиксируются в период откачек (рис. 2).

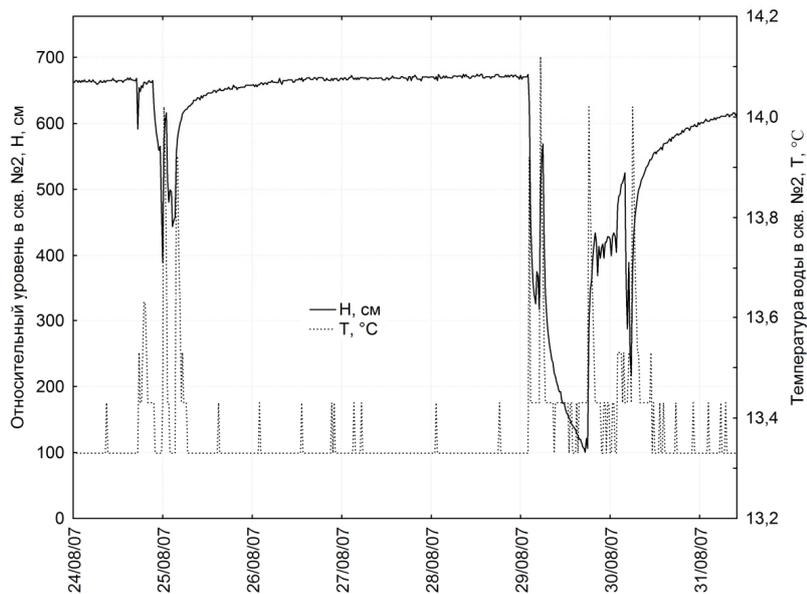


Рис. 2. Фрагмент совмещенного графика колебаний относительного уровня (H, см) и температуры (T, °C) подземных вод в скважине № 2.

Установлено, что во время водоотбора увеличивается минерализация подземных вод и наблюдается повышение температуры воды. При этом максимальные значения минерализации фиксируются датчиками после трех-четырех часов откачки при диапазоне изменений в пределах 0,14 – 0,26 г/дм³. Можно

предположить, что природа такого явления связана с подтягиванием в депрессионную воронку более соленых вод из нижнего водоносного подгоризонта, либо морских вод. Кроме того, вода вблизи острова может быть как морской с содержанием солей более 15 г/дм³, так и распресненной, которая попадает в район острова в периоды паводков и поступления дунайских речных вод.

Наибольшие значения температуры приходятся на момент завершения откачек (диапазон вариаций составляет 0,5 – 0,7 °С). Такого рода изменения температур подземных вод, вероятнее всего, происходят по техническим причинам – за счет нагревания воды в результате работы погружного насоса.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что эксплуатация скважины (антропогенный фактор) вносит существенный вклад в формирование гидродинамического и температурного режимов и минерализации подземных вод острова.

Для сравнения мы проанализировали режим относительных уровней (H , см) подземных вод в наблюдательной скважине № 4, из которой не отбираются воды для хозяйственных целей, то есть в этой скважине отсутствует прямое антропогенное воздействие. Скважина удалена на 130 м от скважины № 2 и имеет глубину 44 м. Сопоставление динамики относительных уровней в обеих скважинах указывает на то, что подземные воды в 4-ой скважине имеют характерный естественный гидродинамический режим, не реагирующий на их эксплуатацию во 2-й скважине (рис.3). Это подтверждается сопоставлением скоростей изменения уровней подземных вод в скважинах № 2 и № 4.

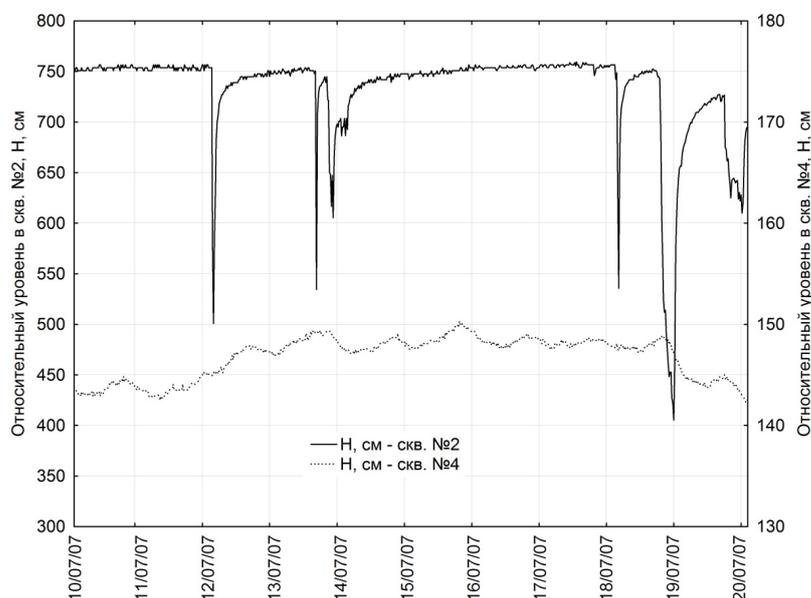


Рис.3. Фрагмент совмещенного графика динамики относительных уровней (H , см) подземных вод в скважине № 2 и скважине № 4

Скорость изменения уровня за двадцатиминутный интервал регистрации данных в скважине № 4 ($-0,7 \div +0,6$ см) на два порядка меньше скорости изменений в скважине № 2 ($-170 \div +160$ см). Из этого следует, что данные наблюдений за подземными водами в 4-й скважине можно использовать для характеристики режима, соответствующего естественным условиям.

Данные по мониторингу подземных вод в скважине № 4 за период с 2005 по 2008 гг. указывают на следующие особенности их естественного режима: многолетние вариации относительного уровня находятся в диапазоне 0,4 – 1,4 м; температура воды в среднем составляет 14°C с амплитудой колебаний за весь период наблюдений 0,1 – 0,2 $^{\circ}\text{C}$.

Известно [1], что многие особенности естественного режима подземных вод определяются экзогенными факторами, а именно *метеорологическим и гидрологическим*. Наиболее мощным метеорологическим режимообразующим фактором является выпадение *атмосферных осадков*, их режим, интенсивность, расхождение на испарение.

Анализ связей между уровнем подземных вод и атмосферными осадками на территории о. Змеиног проводился с применением метода разностных интегральных кривых по отношению к количеству атмосферных осадков. Интегральная кривая, в данном случае, представляет собой нарастающую сумму отклонений модульных коэффициентов атмосферных осадков от среднего их значения во всем временном ряде на конец каждых суток.

Сопоставление величин относительного уровня воды в скважине № 4, пересчитанного в среднесуточные значения, и отклонения относительных величин атмосферных осадков от их среднего значения (т. е. модульных коэффициентов) позволяет выявить интегрирующую способность водоносного горизонта накапливать атмосферные осадки предыдущего периода времени.

На рисунке 4 видно, что выбранные показатели имеют достаточно четкую синхронную связь: подъем уровня воды в скважине начинается через короткий промежуток времени после выпадения осадков. Этот факт свидетельствует о вкладе атмосферных осадков в питание подземных вод, а также о высокой фильтрационной проницаемости пород, слагающих остров.

Нами оценивалась также и роль геодинамического фактора в формировании режима подземных вод острова.

В общем случае [1, 3, 5, 12] влияние геодинамического фактора на формирование гидродинамического режима подземных вод связывают с изменением напряженного состояния пород вследствие сейсмических событий, извержений вулканов, изменением гравитационных сил под действием Солнца и Луны, а также с изменениями атмосферного давления.

По нашим данным в период наблюдений 2005-2008 гг. атмосферное давление (P , гПа) в районе о. Змеиног изменяется в пределах 990,0 – 1040,0 гПа. Сезонный его ход характеризуется повышением зимой и уменьшением летом, а максимальные значения ежегодно наблюдаются в январе-марте месяце [7].

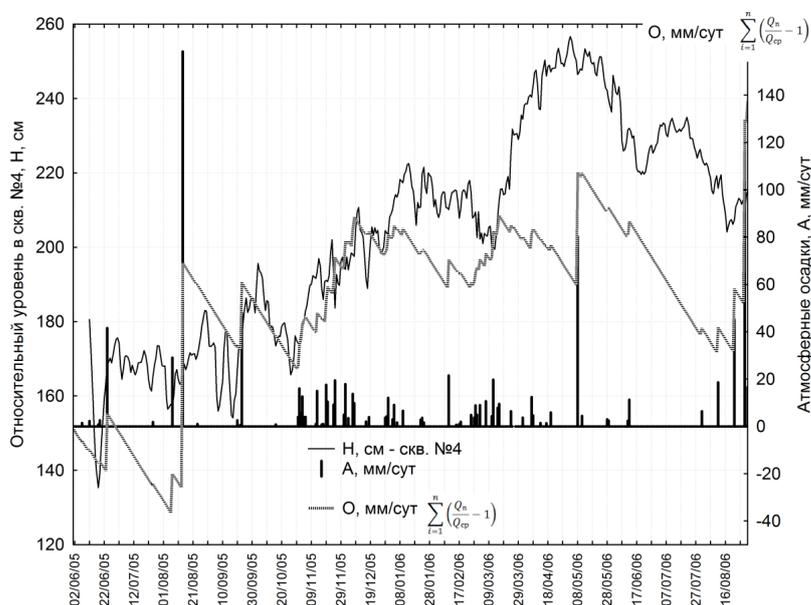


Рис. 4. Совмещенный график относительного уровня подземных вод в скважине № 4 (H , см) (шкала слева, среднесуточные значения), количества атмосферных осадков (A , мм/сут) (шкала справа) и разностной интегральной кривой атмосферных осадков (O , мм/сут) (шкала справа) за период 2005 – 2006 гг.

Сопоставление графиков суточной динамики уровня подземных вод в скважине № 4 (частота замеров – каждые 20 мин) и атмосферного давления (каждые 30 минут), представленных на рисунке 5 показало, что наблюдается синхронная связь между колебаниями уровня подземных вод и атмосферным давлением в течение суток. Такая связь обосновывается прямым воздействием атмосферного давления на кровлю пласта. В этом случае при росте атмосферного давления водовмещающий пласт сжимается, пластовое давление в нем увеличивается, и, соответственно, повышается уровень подземных вод. И, наоборот, уменьшение атмосферного давления приводит к снижению пластового давления и уровня подземных вод.

На рис.5 видно, что и атмосферное давление и уровень подземных вод синхронно достигают своего максимума к середине суток. Такое же проявление геодинамического фактора иллюстрирует периодограмма динамики относительного уровня в 4-ой скважине (рис.6). Анализ периодограммы показал, что за весь период наблюдений отмечается 12-ти и 24-х часовая периодичность, которая в классической литературе [1, 5] связывается с изменением гравитационных сил Земли под действием Солнца и Луны.

Кроме того, выбранные параметры сравнивались за весь период синхронных наблюдений – 2005-2008 гг. Данные были приведены к среднесуточным

значениям и сглажены с шириной окна 3 суток (величина давления рассчитывалась по стандартным трехразовым замерам в сутки).

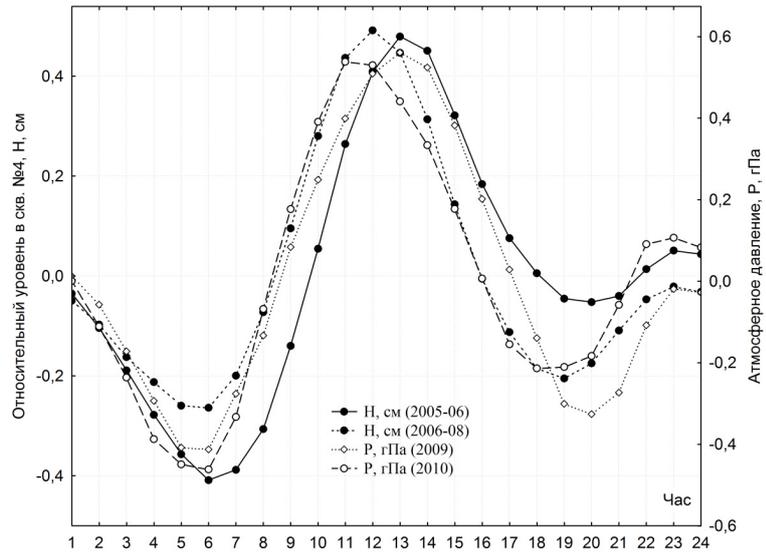


Рис.5. Суточная динамика относительного уровня подземных вод в скважине № 4 и атмосферного давления. H (см) – суточная компонента вариаций уровня подземных вод за 2005-06, 2006-08 гг.; P (гПа) – суточная компонента вариаций атмосферного давления за 2009–2010 гг.

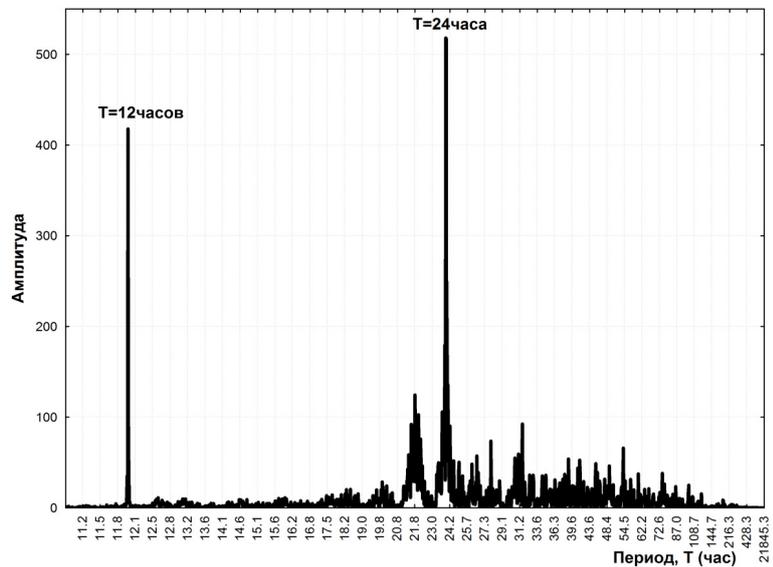


Рис.6. Периодограмма динамики относительного уровня подземных вод в скважине № 4 за 2005 – 2008 гг.

При сопоставленні отклонений уровня воды в скважине и атмосферного давления от сглаженного ряда также выявлена тесная взаимосвязь параметров H и P с коэффициентом корреляции $R = 0,8$ (рис. 7).

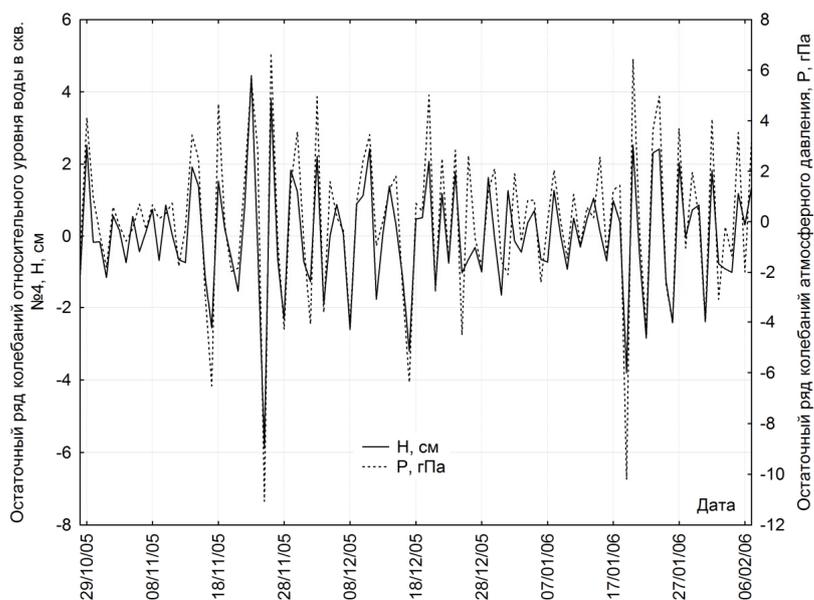


Рис. 7. Совмещенные графики остаточных рядов (сглаженных с окном 3 суток) колебаний относительного уровня подземных вод в скважине № 4 (H , см) и атмосферного давления (P , гПа).

Выявленный характер синхронной связи суточной и межсуточной динамики уровня подземных вод и атмосферного давления указывает на реакцию напорного водоносного горизонта на изменение внешнего давления и свидетельствует о проявлении упругого режима фильтрации.

Вследствие небольших размеров и полной открытости острова, на режим подземных вод может оказывать значительное влияние и гидрологический фактор, а именно колебания уровня моря. По данным Центра интегрированного мониторинга амплитуда колебаний уровня моря (L_s , см) вблизи острова за десятилетний период (2004 – 2014 гг.) составляет 35-40 см.

Как известно, колебания уровня моря вызываются многими причинами, в том числе воздействием барического поля. Действие барического поля обосновывается передачей давления массы воздуха на поверхность морских вод: повышению давления соответствует снижение уровня воды, а понижению давления – подъем уровня морских вод [2].

Мы предположили также, что изменения атмосферного давления и уровня моря могут оказывать совместное силовое воздействие на режим верхнего напорного водоносного горизонта. Для проверки этого предположения и оценки

влияния этого суммарного воздействия нами введен параметр F , представляющий собой сумму первых производных P и Ls (единицы измерения параметров переведены в сантиметры водного столба). Динамику параметра F иллюстрирует суммарная кривая скорости изменения атмосферного давления dP и скорости изменения уровня моря dLs (рис. 8).

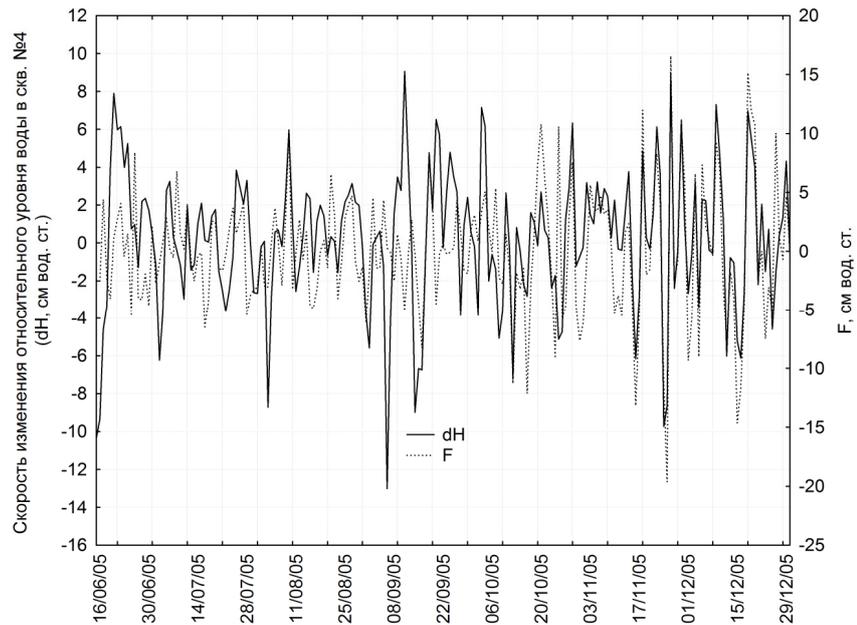


Рис. 8. Фрагмент совмещенных графиков параметра F (сумма первых производных атмосферного давления dP (см вод. ст.) и уровня моря Ls (см вод. ст.)) и dH (первая производная относительного уровня воды в скважине № 4, см вод. ст.)

Сопоставление F со скоростью изменения уровня воды в скважине dH позволяет выявить достаточно четкую зависимость колебаний уровня подземных вод от суммарного воздействия P и Ls (рис. 8).

Силовой эффект совместного влияния атмосферного давления и уровня моря на режим верхнего напорного водоносного горизонта подтверждается коэффициентом корреляции $R = 0,51$.

ВЫВОДЫ

1. Для о. Змеиногорского характерны своеобразные условия залегания подземных вод. Горные породы, слагающие остров, имеют повышенную трещиноватость и разблоченность, вследствие чего питание подземных вод осуществляется, главным образом, за счет процессов инфильтрации и инфлюации атмосферных осадков.

2. По результатам выполненных геолого-геофизических исследований установлено наличие трех водовмещающих толщ в интервалах глубин: 38,0 – 54,6 м; 57,6 – 74,0 м; 80,8 – 109,4 м. Величина статического уровня подземных вод острова находится в диапазоне 32,0 – 37,0 м и превышает выявленную глубину кровли верхней водовмещающей толщи. Поэтому подземные воды, содержащиеся в выделенных коллекторах, могут быть отнесены к межпластовым напорным.
3. Нарушенный режим подземных вод острова формируется в условиях эксплуатации скважины № 2. Анализ исходных данных суточных наблюдений за динамическими и физико-химическими параметрами подземных вод указывает на то, что антропогенный фактор вносит существенный вклад в формирование гидродинамического, температурного и гидрохимического режимов.
4. Установлено, что на формирование естественного гидродинамического режима подземных вод оказывают влияние метеорологический (выпадение атмосферных осадков) и геодинамический (изменения внешней нагрузки на кровлю водовмещающего пласта за счет изменений атмосферного давления и приливных колебаний уровня в зависимости от положения Луны и Солнца относительно Земли) факторы.
5. Суточная динамика пьезометрических уровней подземных вод связана с вариациями атмосферного давления. С увеличением атмосферного давления, которое передается на кровлю водовмещающего пласта, уменьшается объем трещинного пространства и, соответственно, повышается уровень подземных вод. И, наоборот, уменьшение атмосферного давления приводит к снижению пластового давления и уровня подземных вод.
6. Приливные колебания пьезометрических уровней воды в скважине проявляются в течение суток в виде двух максимумов и минимумов, периоды между которыми составляют 12 часов. Максимальным уровням воды в скважине соответствуют отливы – опускание и сжатие земной коры, а минимальным – приливы – поднятие и растяжение земной коры.
7. Выявлен эффект совместного силового воздействия атмосферного давления и уровня моря на режим верхнего напорного водоносного горизонта. Реакция водоносного горизонта проявляется в изменении уровня подземных вод за счет суммарного влияния атмосферного давления и уровня моря.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гидрогеология* / Под ред. В. М. Шестакова, М. С. Орлова. – М.: изд-во МГУ, 1984. – 317 с.
2. *Горячкин Ю. Н. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее, будущее* / Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов; под ред. В. Н. Еремеева. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – 210 с.
3. *Кисин И. Г. Землетрясения и подземные воды.* – М.: Наука, 1982. – 176 с.
4. *Ковалевский В. С. Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией.* – М.: Недра, 1986. – 198 с.

5. Мельхиор П. Земные приливы / П. Мельхиор; пер. с англ. С. Н. Барсенкова, Ю. С. Доброхотова, Б. П. Перцева, под ред. Н. Н. Парийского. – Москва: Мир, 1968. – 482 с.
6. Острів Зміїний. Абіотичні характеристики: монографія / В. А. Сминтина, В. І. Медінець, Є. І. Газетов та інші. Відп. ред. В. І. Медінець. – Одеса: Астропринт, 2008. – 172 с.
7. Острів Зміїний. Екосистема прибережних вод: монографія / В. А. Сминтина, В. І. Медінець, І. О. Сучков та інші. Відп. ред. В. І. Медінець. – Одеса: Астропринт, 2008. – 228 с.
8. Пигулевский П. И., Свистун В. К. Некоторые результаты автоматизированного мониторинга режима подземных вод асейсмичных территорий (на примере Депопетровской области) // Минеральні ресурси України. – 2011. – № 2. – С. 42–47.
9. Свистун В. К., Пигулевский П. Г. Некоторые результаты геофизических и гидрогеологических исследований о. Змеиный ДГЭ «Днепрогеофизика» // Вестник Одесского Национального университета. Географические и геологические науки. – 2013. – Т. 18, № 17. – С. 108–115.
10. Сулимов И. Н. Геология и прогноз нефтегазоносности района острова Змеиногo в Черном море: монография / И. Н. Сулимов. – Одесса: Астропринт, 2001. – 108 с.
11. Черкез Е. А., Драгомирецька О. В., Біч Г. М. Гідрогеомеханічні особливості формування зсувів в пору північно-західного узбережжя Чорного моря // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2003. – Том 8, вип. 5. – С.180 – 187.
12. Черкез Е. А., Шмуратко В. И. Ротационная динамика и уровень четвертичного водоносного горизонта на территории Одессы. Вестник Одесского Национального университета. Географические и геологические науки. – 2012. – Том 17, вип. 2(15). – С. 122 – 140.
13. Юровский Ю. Г. Подземные воды шельфа. Задачи и методы изучения. Монография – Симферополь: ДИАИПИ, 2013. – 260 с.

REFERENCES

1. Shestakov, V., Orlova, M. (1984), *Hydrogeology [Gidrogeologiya]*, MSU Press, Moscow, 317 p.
2. Goryachkin, Yu., Ivanov, V. (2006), *The Level of the Black Sea: Past, Present, and Future [Uroven Chernogo morya: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye]*, MHI NAS of Ukraine, Sevastopol, 210 p.
3. Kisin, I. (1982), *Earthquakes and underground water [Zemletryaseniya i podzemnyye vody]*, Nauka, Moscow, 176 p.
4. Kovalevskiy, V. (1986), *Study of the underground water regime because of their operation [Issledovaniya rezhima podzemnykh vod v svyazi s ikh ekspluatatsiyey]*, Nedra, Moscow, 198 p.
5. Melchior, P. (1968), *The Earth Tides, Trans. from Eng. [Zemnye prilivy. Per. s angl.]*, Mir, Moscow, 482 p.
6. Smyntyna, V., Medinets, V., Hazetov, Ye. (2008), *Zmiinyi Island. Abiotic characteristics [Ostriv Zmiyinyy. Abiolychni kharakterystyky]*, Astroprynt, Odessa, 172 p.
7. Smyntyna, V., Medinets, V., Suchkov, I. (2008), *Zmiinyi Island. Coastal Waters Ecosystem [Ostriv Zmiyinyy. Ekosystema pryberezhnykh vod]*, Astroprynt, Odessa, 228 p.
8. Pigulevskiy, P., Svistun, V. (2011), «Some results of automated monitoring of underground water regime of the aseismic areas (on the example of Depropetrovsk region)» [« Nekotoryye rezultaty avtomatizirovannogo monitoringa rezhima podzemnykh vod aseymichnykh territoriy (na primere Depropetrovskoy oblasti)»], *Mineralni resursy Ukrayiny*, No. 2, pp.42 – 47.
9. Svistun, V., Pigulevskiy, P. (2013), «Some results of geophysical and hydrogeological researches of Zmiinyi Island executed by the Dnepropetrovsk Geophysical Expedition 'Dneprogeofizika'» [«Nekotoryye rezultaty geofizicheskikh i gidrogeologicheskikh issledovaniy o. Zmeinyy 'Dneprogeofizika'»], *Bulletin of the Odessa National University, Geographical and Geological Sciences*, V. 18, No. 17, pp. 108 – 115.
10. Sulimov, I. (2001), *Geology and prognosis of oil-and-gas content of Zmiinyi Island region in the Black Sea [Geologiya i prognoz neftegazonosnosti rayona ostrova Zmeinogo v Chernom more]*, Astroprint, Odessa, 108 p.
11. Cherkez, E., Drahomyretska, O., Bich, H. (2003), *Hydrogeomechanical features of pressure landslides forming in the North-Western coast of the Black Sea [«Hidroheomekhanichni osoblyvosti formuvannya zsuviv vyvoru pivnichno-zakhidnoho uzberezhzhia Chornoho moria»]*, *Bulletin of the Odessa National University, Geographical and Geological Sciences*, V. 8, No. 5, pp. 180 – 187.
12. Cherkez, Eu., Shmuratko V. (2012) «Rotation dynamics and the level of the Quaternary aquifer in Odessa» [«Rotatsionnaya dinamika i uroven chetvertichnogo vodonosnogo gorizonta na territorii Odessy»], *Bulletin of the Odessa National University, Geographical and Geological Sciences*, V. 17, No. 15, pp. 122 – 140.
13. Yurovskiy, Yu. (2013), *Groundwater shelf. Objectives and methods of study [Podzemnyye vody shelfa. Zadachi i metody izucheniya]*, DIAIPI, Simferopol, 260 p.

Поступила 10.08.2014

Є.А. Черкез¹, доктор геол.-мін. наук, професор
В.І. Медінець², канд. фіз-мат. наук, керівник Центру
В. К. Свистун³, начальник експедиції
П.І. Пігулевський³, доктор геол. наук, с.н.с., головний геофізик
О. О. Буняк¹, аспірант
О. О. Биченко¹, студ.

¹ кафедра інженерної геології та гідрогеології,

² регіональний центр інтегрованого моніторингу та екологічних досліджень,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
enggeo@onu.edu.ua

³ Дніпропетровська геофізична експедиція «Дніпрогеофізика»,
вул. Геофізична, 1, Дніпропетровськ, 49057, Україна
dpge@ukr.net

ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ РЕЖИМА ПІДЗЕМНИХ ВОД ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ

Резюме

Наведено загальну характеристику гідрогеологічних умов о. Зміїний. На основі результатів багаторічних метеорологічних, гідрологічних і гідрогеологічних спостережень прибережних та підземних вод острова проаналізована часова мінливість гідродинамічних та фізико-хімічних характеристик підземних вод. Виявлені основні фактори формування режиму підземних вод.

Ключові слова: гідрогеологічні умови, режим підземних вод, о. Зміїний.

Е. А. Cherkez¹, **В. І. Medinets**², **В. К. Svistun**³, **Р. І. Pigulevskiy**³,
О. А. Buniak¹, **О. О. Bychenko**¹,

¹ Department of Engineering Geology and Hydrogeology,

² Regional Center for Integrated Environmental Monitoring and Ecological Studies,
Odessa I. I. Mechnikov National University,
Dvorianskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine
enggeo@onu.edu.ua

³ Dnepropetrovsk Geophysical Expedition «Dneprogeofizika»,
Geophysical St., 1, Dnepropetrovsk, 49057, Ukraine
dpge@ukr.net

FACTORS FORMING OF UNDERGROUND WATERS REGIME ON THE ZMIINYI ISLAND

Abstract

Study of underground water regime is one of components in the general hydrogeological researches. *Aim* of the work has been to define the main regime-forming factors of underground water in the Zmiinyi Island. Study *object* is underground water; *subject* of the work is the main features of the underground waters regime and the factors of its formation.

Methodology. It was comparing hydrogeological and meteorological characteristics (sea level, atmospheric pressure, atmospheric precipitation) with dynamic (level, pressure) and physicochemical (temperature, salinity) parameters of underground water for ascertainment of regularity formation of underground water regime. Data processing has being done with mathematical statistics methods.

General characteristic of hydrogeological conditions on the Zmiinyi Island has been given. It has been analyzed temporal variability hydrodynamic and physicochemical elements of underground water under natural conditions and in conditions of anthropogenic impact on the results of underground water monitoring system introduction, as well as on the basis of long-term monitoring observations meteorological and hydrological parameters on the island.

Results. It has been shown that the underground water regime is being formed on the Zmiinyi Island under natural conditions influenced by exogenous (meteorological, hydrological) and exogeodynamic (atmospheric pressure) groups factors, while water abstraction causes disturbed regime.

Keywords: Hydrogeological Conditions, Underground water Regime, Zmiinyi Island.