

УДК 556.3.01

Е. А. Черкез<sup>1</sup>, доктор геол.-мин. наук, профессор  
В. И. Мединец<sup>2</sup>, канд. физ.-мат. наук, руководитель Центра  
В. К. Свистун<sup>3</sup>, начальник экспедиции  
П. И. Пигулевский<sup>3</sup>, доктор геол. наук, с.н.с., главный геофизик  
О. А. Буняк<sup>1</sup>, аспирант  
А. А. Быченко<sup>1</sup>, студ.

<sup>1</sup> кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,

<sup>2</sup> региональный центр интегрированного мониторинга и экологических исследований, Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082,

Украина [enggeo@onu.edu.ua](mailto:enggeo@onu.edu.ua)

<sup>3</sup> Днепропетровская геофизическая экспедиция

«Днепрогеофизика», ул. Геофизическая, 1, Днепропетровск, 49057,

Украина [dpge@ukr.net](mailto:dpge@ukr.net)

#### ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ

Приведена общая характеристика гидрогеологических условий о. Змеиног. 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. Днепрoпетровской геофизической экспедицией «Днепрo-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).

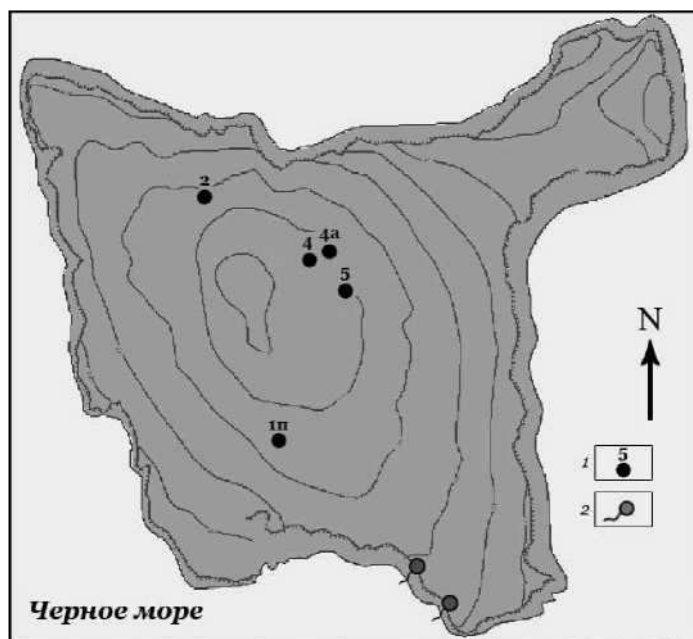


Рис.1. Схема расположения скважин на о. Змеиный.  
1 — скважина и ее номер; 2 — выявленные выходы подземных вод.

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. Используемые 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 0 $^{\circ}$ C - 40 $^{\circ}$ C при точности  $\pm 0,1^{\circ}$ C и разрешающей способности 0,01 $^{\circ}$ C. 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. Змеиногo 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 наложения. 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/дм<sup>3</sup>, которая возрастает по глубине. Это указывает на то, что в пределах толщи конгломератов существуют два водоносных подгоризонта, разделенные породами пониженной трещиноватости - 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  $5 \text{ м}^3$  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).

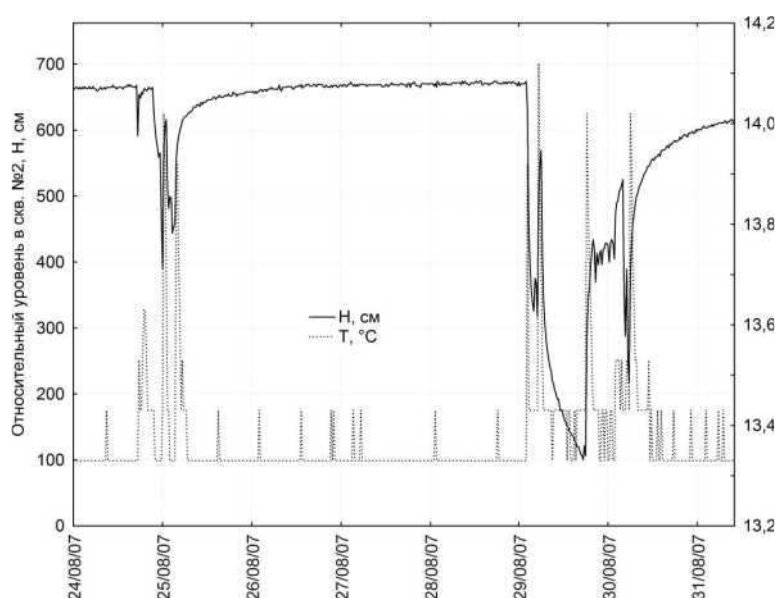


Рис. 2. Фрагмент совмещенного графика колебаний относительного уровня (H, см) и температуры (T, °C) подземных вод в скважине №2.

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  $0,14 - 0,26 \text{ г/дм}^3$ . 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  $15 \text{ г/дм}^3$ , 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  $0,5 - 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ). 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

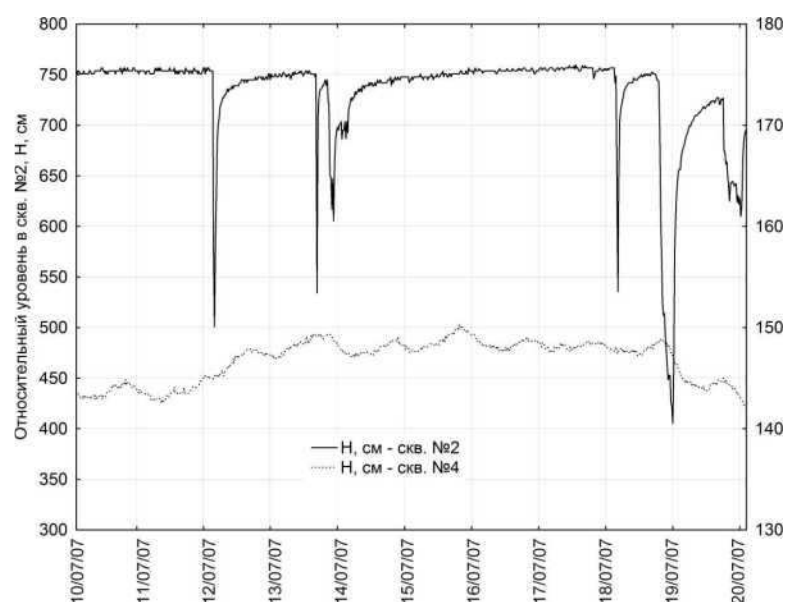


Рис.3. Фрагмент совмещенного графика динамики подземных вод в скважине № 2 и скважине № 4

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  $14^{\circ}\text{C}$  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 режимобразующим фактором является выпадение *атмосферных осадков*, их режим, интенсивность, расходование 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 каждого 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].

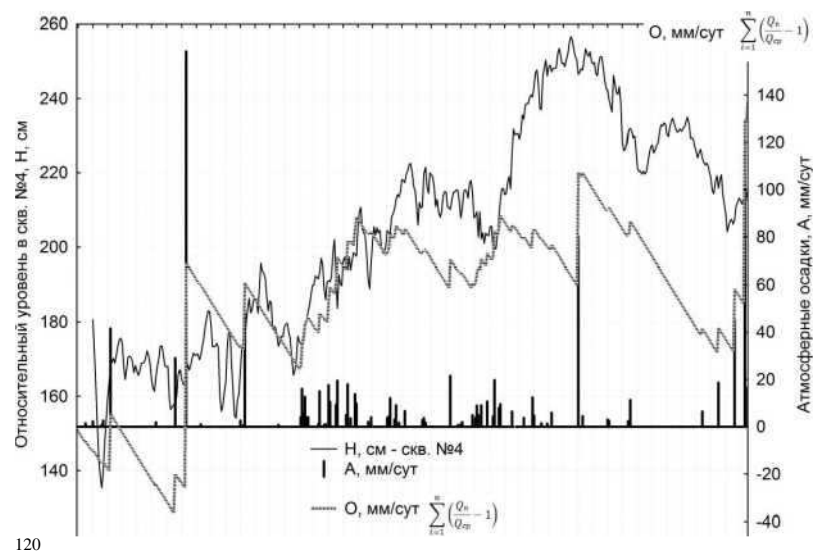


Рис. 4. Совмещенный график относительного уровня подземных вод в скважине № 4 (H, см) (шкала слева, среднесуточные значения), количества атмосферных осадков (A, мм/сут) (шкала справа) и разностной интегральной кривой атмосферных осадков (O, мм/сут) (шкала справа) за период 2005 -2006 гг.

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).

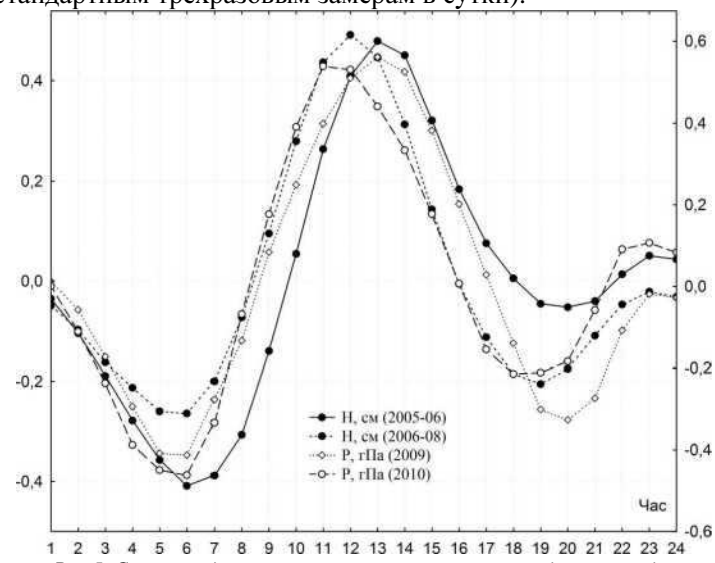


Рис.5. Суточная динамика относительного уровня подземных вод в скважине № 4и атмосферного давления.  $H$  (см) - суточная компонента вариаций уровня подземных вод за 2005-06, 2006-08 гг.;  $P$  (гПа) - суточная компонента вариаций атмосферного давления за 2009-2010 гг.

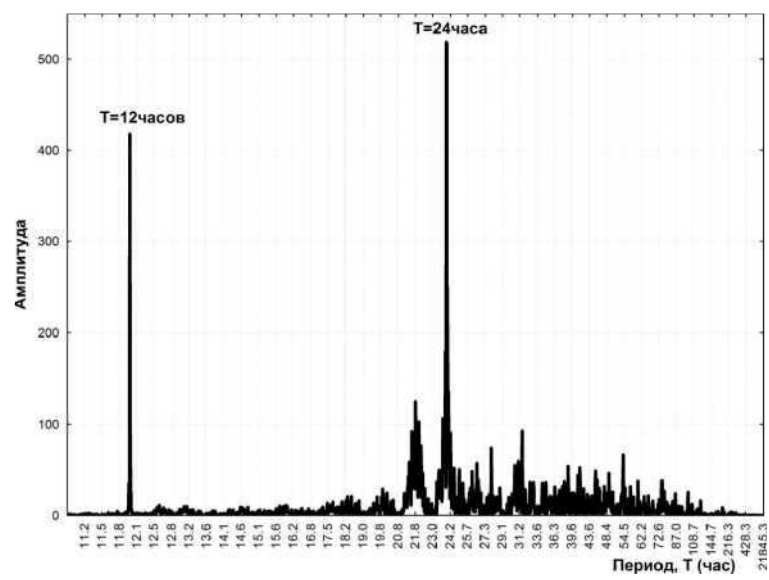


Рис.6. Периодограмма динамики относительного уровня подземных вод в скважине № 4за 2005 - 2008 гг.

При сопоставленні відхилень рівня води в скважині і атмосферного тиску від згладженого ряду також виявлена тесна взаємозв'язок параметрів  $H$  і  $P$  з коефіцієнтом кореляції  $R = 0,8$  (рис. 7).

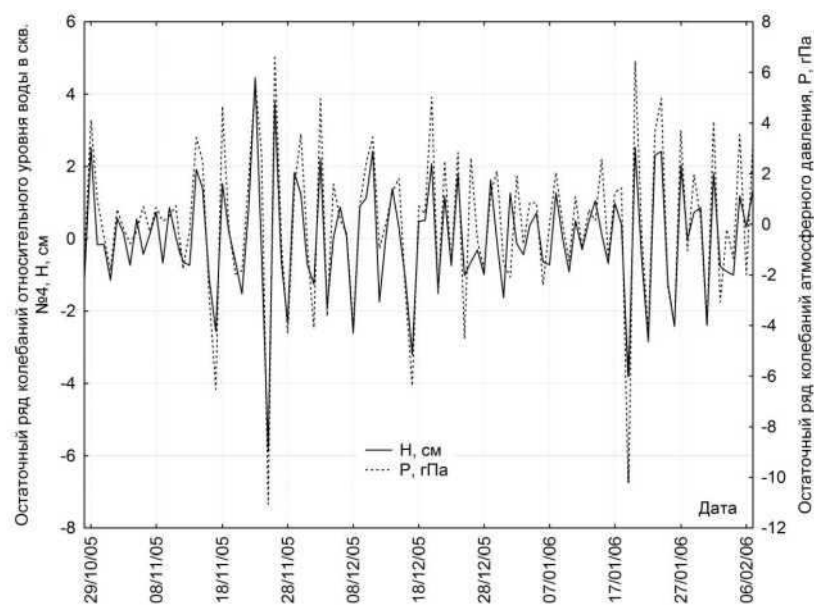


Рис. 7. Совмещенные графики остаточных рядов (сглаженных с окном суток) колебаний относительного уровня подземных вод в скважине №4 ( $H$ , см) и атмосферного давления ( $P$ , гПа).

Виявлений характер синхронної зв'язи суточної і міжсуточної динаміки рівня підземних вод і атмосферного тиску вказує на реакцію напорного водоносного горизонту на зміну зовнішнього тиску і свідчить про проявленні пружного режиму фільтрації.

Вслідствие невеликих розмірів і повної відкритості острова, на режим підземних вод може оказувати значительное влияние і гідрологічний фактор, а іменно коливання рівня моря. По даним Центра інтегрованого моніторингу амплітуда коливань рівня моря (см) вблизи острова за десятилітній період (2004 - 2014 гг.) складає 35-40 см.

Как известно, коливання рівня моря вызиваються 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 тиску і рівня моря могут оказувати совместное силовое воздействие на режим верхнего напорного водоносного горизонту. Для проверки этого предположения і оцінки влияния этого суммарного воздействия нами введен параметр  $F$  представляющий

собой сумму перших похідних  $P$  і  $Ls$  (єдиниці вимірювання параметрів переведені в сантиметри водного столба). Динаміку параметра  $F$  ілюструє суммарна крива швидкості зміни атмосферного тиску  $dP$  і швидкості зміни рівня моря  $dLs$  (рис. 8).

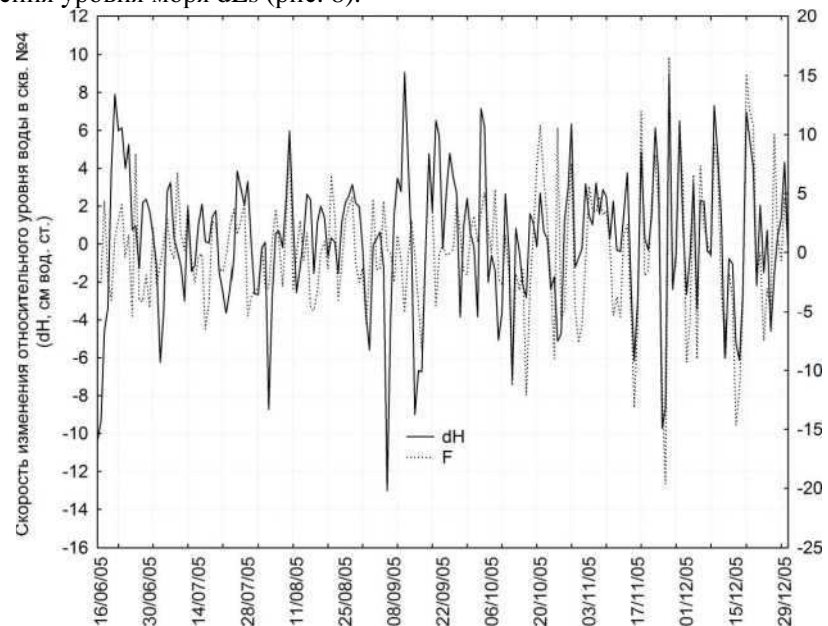


Рис.8. Фрагмент совмещенных графиков параметра  $F$  (сумма первых производных атмосферного давления  $dP$  (см вод. ст.) и уровня моря  $Ls$  (см вод. ст.)) и  $dH$  (первая производная относительного уровня воды в скважине № 4, см вод. ст.)

Сопоставление  $\Delta$  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 инфилюации 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 верхньої водовмещаючої товщі. Поєтому підземні води, що містяться в виділених колекторах, можуть бути віднесені до міжпластового напорного.

3. Нарушений режим підземних вод острова формується в умовах експлуатації скважини № 2. Аналіз вихідних даних суточних спостережень за динамічними і фізико-хімічними параметрами підземних вод вказує на те, що антропогенний фактор вносить суттєвий вклад в формування гідродинамічного, температурного і гідрохімічного режимів.
4. Установлено, що на формування природного гідродинамічного режиму підземних вод впливають метеорологічний (випадіння атмосферних опадів) і геодинамічний (змінення зовнішньої навантаження на кровлю водовмещаючого пласта за рахунок змін атмосферного тиску і приливних коливань рівня в залежності від положення Луни і Сонця відносно Землі) фактори.
5. Суточна динаміка пьезометричних рівнів підземних вод пов'язана з варіаціями атмосферного тиску. З збільшенням атмосферного тиску, яке передається на кровлю водовмещаючого пласта, зменшується об'єм тріщинного простору і, відповідно, зростає рівень підземних вод. І, навпаки, зменшення атмосферного тиску призводить до зниження пластового тиску і рівня підземних вод.
6. Приливні коливання пьезометричних рівнів води в скважині проявляються в течение сутки в формі двох максимумів і мінімумів, періоди між якими становлять 12 годин. Максимальним рівням води в скважині відповідають отливи - опускання і стиснення земної кори, а мінімальним - приливи - підняття і розтягнення земної кори.
7. Виявлено ефект спільного силового впливу атмосферного тиску і рівня моря на режим верхнього напорного водоносного горизонту. Реакція водоносного горизонту проявляється в зміні рівня підземних вод за рахунок сумарного впливу атмосферного тиску і рівня моря.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Гидрогеология I* Під ред. В. М. Шестакова, М. С. Орлова. - М.: изд-во МГУ, 1984. -317 с.
2. *Горячкин Ю.Н.* Уровень Чорного моря: минуле, теперішнє, майбутнє /Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов; під ред. В. Н. Еремєєва. - Севастополь: МГІ НАН України, 2006. -210 с.
3. *Кисин И. Г.* Землетрясення і підземні води. - 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. Париьского. - Москва: Мир, 1968. - 482 с.
6. *Острів Зміїний. Абіотичні характеристики: монографія* /В. А. Смигін, 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. Смигін, 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 Днепропетровской области) // *Мінеральні ресурси України*. —2011.—№2. — С. 42-47.
9. *Свистун В. К., Пигулевский П. Г.* Некоторые результаты геофизических и гидрогеологических исследований о.

- Змеинный 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 Змеиног в Черном море: монография / И. Н. Сулимов. - Одесса: Астропринт, 2001. - 108 с.
  11. Черкез Е. А., Драгомйретська О. В., Біч Г. М. Гідрогеомеханічні особливості формування зсувів випору 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*], MHNAS ofUkraine, 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* [*rezhimapodzemnykh vod v svyazi s ikh ekspluatatsiyey*], Nedra, Moscow, 198 p.
5. Melchior, P. (1968), *The Earth Tides, Trans.from Eng.* [*Zemnyepriiviy. Per. s angl.*], Mir, Moscow, 482 p.
6. Smyntyna, V., Medinets, V., Hazetov, Ye. (2008), *Zmiinyi Island. Abiotic characteristics* [*Ostriv Zmiinyy. Abiolychni kharakterystyky*], Astroprynt, Odesa, 172 p.
7. Smyntyna, V., Medinets, V., Suchkov, I. (2008), *Zmiinyi Island. Coastal Waters Ecosystem* [*Ostriv Zmiinyy. Ekosystemaprybereznykh vod*], Astroprynt, Odesa, 228 p.
8. Pigulevskiy, P., Svistun, V. (2011), «Some results of automated monitoring of underground water regime of the aseismic areas (on the example ofDepropetrovsk region)»[« Nekotoryye rezultaty avtomatizirovannogo monitoringa rezhima podzemnykh vod aseymichnykh territoriy (na primere Depropetrovskoy oblasti)»], *Mineralni resursy Ukrainy*, 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 iprognozneftegazonosnosti 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* [*osoblyvostiformuvannya zsuviv vyporu pivnichno-zakhidnoho uzberezhzhia Chornoho morya*], *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 [aRotatsionnayadinamika i uroven chetvertichnogo vodonosnogo gorizonta na territorii Odessy]*», *Bulletin of the OdessaNational 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. Черкез<sup>1</sup>, доктор геол.-мін. наук, професор  
В.І. Медінець<sup>2</sup>, канд. фіз-мат. наук, керівник Центру  
В. К. Свистун<sup>3</sup>, начальник експедиції  
П.І. Пігулевський<sup>3</sup>, доктор геол. наук, с.н.с., головний геофізик О.  
О. Буняк<sup>1</sup>, аспірант О. О. Биченко<sup>1</sup>, студ.

<sup>1</sup> кафедра інженерної геології та гідрогеології,

<sup>2</sup> регіональний центр інтегрованого моніторингу та екологічних досліджень,

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,

вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082,

Україна [enggeo@onu.edu.ua](mailto:enggeo@onu.edu.ua)

Дніпропетровська геофізична експедиція «Дніпрогеофізика»,  
вул. Геофізична, 1, Дніпропетровськ, 49057, Україна  
[dpge@ukr.net](mailto:dpge@ukr.net)

#### ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ РЕЖИМА ПІДЗЕМНИХ ВОД ОСТРОВА ЗМІІНИЙ

##### 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. Черкез<sup>1</sup>, В. І. Медінетс<sup>2</sup>, В. К. Свістун<sup>3</sup>, Р. І. Пігулевський<sup>3</sup>,  
О. А. Буняк<sup>1</sup>, О. О. Вученко<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Department of Engineering Geology and Hydrogeology,

<sup>2</sup> 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](mailto:enggeo@onu.edu.ua)

<sup>3</sup> Dnepropetrovsk Geophysical Expedition «Dneprogeofizika»,

Geophysical St., 1, Dnepropetrovsk, 49057, Ukraine

[dpge@ukr.net](mailto: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 longterm 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

ІББМ 2303-9914. Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2014. Т. 19, вип. 4

abstraction causes disturbed regime.

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