

Диденко Д.Ю., студент; Черкез Е.А., доктор геол.-мин. наук, профессор
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Кафедра инженерной геологии и гидрогеологии. Одесса, Украина
E-mail: did.dmitrij2013@gmail.com

**ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА В
ПОНТИЧЕСКИХ ИЗВЕСТНЯКАХ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА В
КАТАКОМБАХ ОДЕССЫ**

**TEMPERATURE MODE OF THE AQUARIUM HORIZON IN
PONTIC LIMESTONES ACCORDING TO MONITORING DATA IN
CATACOMBES OF ODESSA**

Наблюдения за температурным режимом подземных вод является одним из главных компонентов общей системы наблюдений за состоянием геологической среды. Сказанное особенно важно, когда речь идет о городах, для которых, с одной стороны, характерна высокая плотность населения, а с другой — аномально высокая «плотность» активного (включая теплового) воздействия человека на геологическую среду. Территория Одессы в этом отношении — не исключение, а, может быть, даже своего рода «негативный эталон» регионального значения, который может служить своеобразным «полигоном» для разработки методов изучения, мониторинга состояния и прогноза изменений геологической среды.

Часть инженерно-геологических процессов, известных на территории Одессы, — например, оползни, эрозия, абразия, карст, — развивались и в прошлом (в природных условиях), но их скорость значительно возросла в связи с хозяйственной деятельностью. Другие же процессы, — такие как оседание земной поверхности и разрушение подземных выработок, подъем уровня грунтовых вод и связанное с ним подтопление территорий, просадочные явления в толще лессовых пород — в природных условиях практически не проявлялись. Многочисленные данные указывают на то, что их формирование связано с городским строительством, а активизация, которая

началась во второй половине XX века и заметно усилилась в начале XXI века, — с увеличением интенсивности освоения и застройки территорий [3].

Температурный режим подземных вод формируется под влиянием широкого спектра факторов, среди которых климатические изменения, метеорологические явления, гидрогеологические процессы и физико-химические превращения, тектонические и сейсмические процессы, приливы и многие другие [1, 6]. Наиболее существенные изменения температуры подземных и грунтовых вод связаны, как правило, с суточными, сезонными и многолетними колебаний температур воздуха у поверхности Земли, накладывающихся на постоянный тепловой поток, поступающий из недр Земли. В соответствии с этим в вертикальном разрезе литосферы ниже поверхности Земли могут быть выделены последовательно: зона суточных, годовых и многолетних колебаний температуры; зона относительно постоянных температур - нейтральный слой. Распространение атмосферных колебаний температуры в верхнюю часть литосферы осуществляется путем молекулярно-диффузионного переноса тепла через породы зоны аэрации и в виде конвективного переноса тепла с нисходящими потоками подземных вод [1, 2].

Понтический водоносный горизонт является наиболее водообильным на одесском побережье, его водоупорными породами служат меотические зеленовато-серые глины. Основное направление потока подземных вод — в сторону Черного моря, где происходит его разгрузка. Распределение выходов (источников) понтического водоносного горизонта на побережье обусловлено особенностями рельефа водоупорных пород. При общем направлении потока подземных вод на юго-восток наблюдается отклонения потока к тальвегам «оврагов» в рельефе водоупорных пород и его разгрузка в виде выходов источников на побережье. По качеству подземные воды преимущественно солоноватые сульфатно-хлоридные натриево-магниевые с минерализацией от 3,0 до 10,0 г/дм³. Данные многолетних наблюдений за ключевыми гидродинамическими и гидрохимическими параметрами указывают, во-первых,

на то, что основная масса воды понтического водоносного горизонта формируется на месте, в пределах территории города, причем значительная ее часть за счет искусственного питания этого горизонта и, во-вторых – вклад антропогенного фактора в приходных статьях понтического водоносного горизонта прогрессивно возрастал, начиная с конца 19 столетия [7].

Режимные наблюдения уровней и температур понтического водоносного горизонта с интервалом измерений 5 суток были начаты в середине 50-х годов прошлого столетия и проводились преимущественно в береговой зоне города на протяжении 5 - 7 лет – до начала строительства противооползневых сооружений [4]. В начале 70-х годов прошлого столетия на территории города были оборудованы 13 скважин на понтический водоносный горизонт. Расположены скважины неравномерно, большинство из них требуют ремонта и в настоящее время наблюдения проводятся только в нескольких из них не чаще одного раза в месяц. Вместе с тем, очевидно, что для понимания процессов и выявления факторов формирования температурного режима водоносного горизонта изучение изменений температур и характера их вариаций необходимо проводить на основе непрерывного температурного мониторинга с помощью автономной измерительной аппаратуры.

С этой целью в катакомбах музея «Тайны подземной Одессы» в июне 2017 г пробурена гидрогеологическая скважина, оборудованная автономными регистраторами данных [5, 7]. Программируемые датчики Mini - Diver фирмы Schlumberger позволяют вести измерения и запись давления, температур и электропроводимости. Точность измерений уровня составляет $\pm 0,25$ см при разрешающей способности 0,1 см. Диапазон рабочих температур 0°C - 40°C при точности $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ и разрешающей способности $0,01^{\circ}\text{C}$. Диапазон измерения электропроводимости от $10\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ до $80\text{ mS}/\text{cm}$ при разрешающей способности $0,1\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$.

Принятый интервал времени записи данных (30 минут) обеспечивает возможность изучения суточной динамики характеристик. Важно

подчеркнуть, что изучение режима подземных вод с помощью расположенных в скважинах датчиков высокой чувствительности и относительно высокой частотой считывания данных позволяет получить качественно новую информацию о периодичности гидрогеодинамических и физико-химических процессов.

Анализ накопленных за период наблюдений с 14 июня 2017 года по 30 января 2019 года данных температур воздуха в катакомбах и воды в скважине выявил наличие их направленного роста (рис. 1). За период наблюдений диапазон изменений температур воздуха составил $0,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ и воды – $0,055\text{ }^{\circ}\text{C}$.

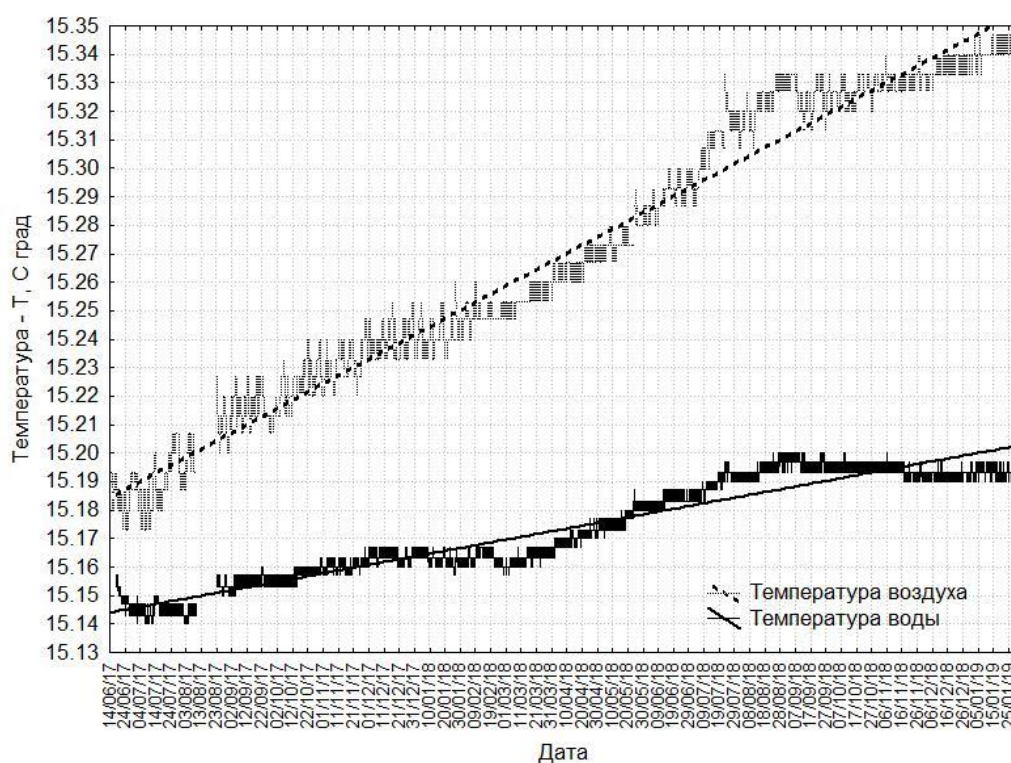


Рис. 1. Графики изменений температур (T , $^{\circ}\text{C}$) воздуха в катакомбах и воды в скважине за период наблюдений 14.06.2017 – 30.01.2019 гг. Прямыми линиями показан линейный тренд.

Отклонения от линейного тренда температур воздуха с амплитудой $0,055\text{ }^{\circ}\text{C}$ и воды – $0,025\text{ }^{\circ}\text{C}$ позволяют предположить наличие сезонной компоненты в вариациях этих характеристик (рис. 2). Относительное увеличение температур (летний период) соответствует интервалам

временного ряда наблюдений август-сентябрь 2017 года и август 2018 года, а снижение (зимний период) отмечается в марте 2017 года. Прямая корреляционная связь (коэффициент корреляции $R = 0,75$) между вариациями температур воздуха в катакомбах и воды, а также отсутствие фазового сдвига между ними, свидетельствуют о влиянии сезонных атмосферных изменений температур на глубинах залегания понтического водоносного горизонта (в нашем районе ≈ 25 м). Наличие сезонных вариаций температур подземных вод указывает на то, что зона относительно постоянных температур - нейтральный слой – расположена глубже.

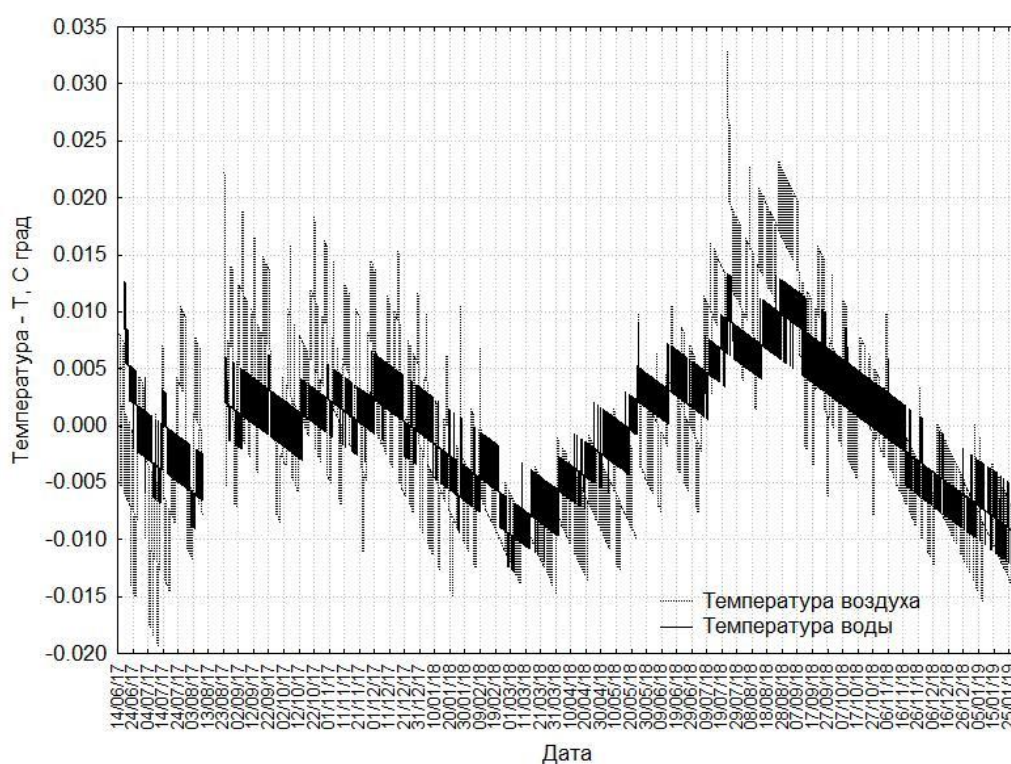


Рис. 2. Графики изменения температур (T , $^{\circ}\text{C}$) воздуха в катакомбах и воды в скважине за период наблюдений 14.06.2017 – 30.01.2019 гг после снятия линейного тренда.

Отметим, что по данным режимных наблюдений Одесской оползневой станции [4] в течение 1955 – 1958 гг. в скважинах 371, 374 и 377, расположенных в районе Французского бульвара, амплитуда сезонных

изменений температур составляла $0,4 - 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ при среднегодовых значениях $13,13 - 13,31\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для выявления суточных вариаций температур воздуха в катакомбах и воды в скважине был проведен анализ их временных рядов с использованием статистического метода сезонной декомпозиции, в которой суточная компонента, включающая 48 измерений в сутки, определяется как среднее всех значений ряда, соответствующих данной точке суточного интервала.

Сопоставление графиков суточной динамики температур воздуха и воды (частота замеров – каждые 30 мин), представленных на рисунке показало, что наблюдается синхронная связь между ними в течение суток. Характеристики достигают своего максимума в утреннее и вечернее время с интервалом близким 12-ти часам (рис. 3).

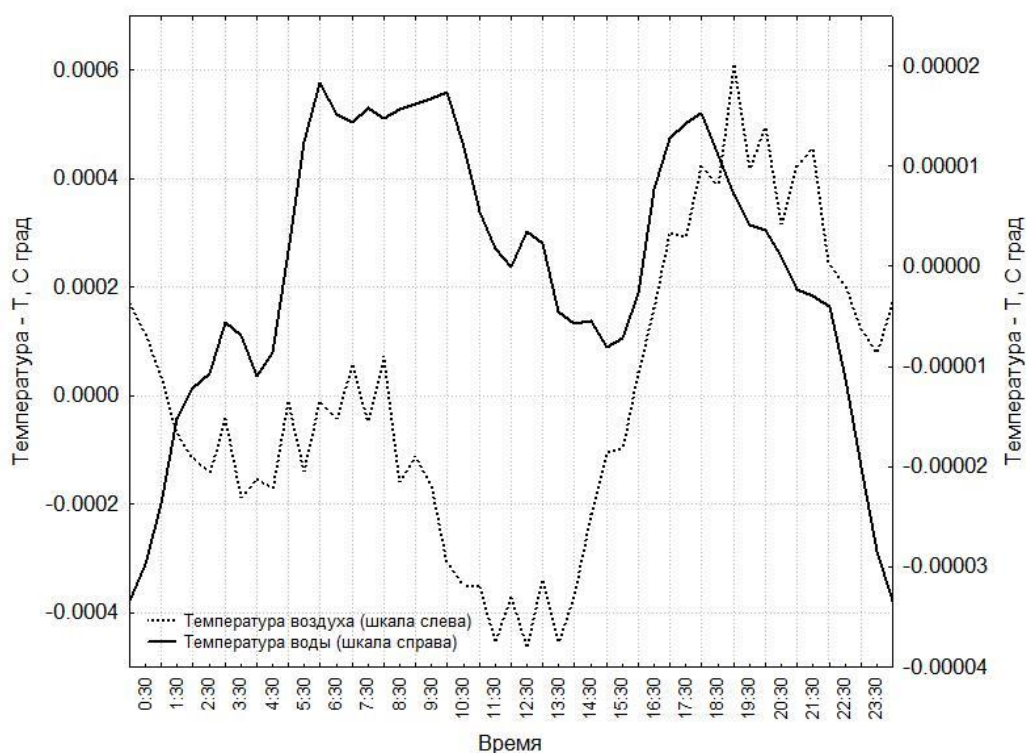


Рис. 3. Графики суточных изменений температур (T , $^{\circ}\text{C}$) воздуха в катакомбах и воды в скважине за период наблюдений 14.06.2017 – 30.01.2019 гг.

Чаще всего суточные колебания температуры проявляются при глубинах залегания подземных вод, не превышающих несколько метров [1].

Проявление суточных вариаций температур водоносного горизонта в понтических известняках может быть обусловлено процессами перетока грунтовых вод и сброса их многочисленными дренажными скважинами в пласт-коллектор.

Выводы

Анализ результатов проведенных наблюдений показал, что важную роль в выявлении факторов, управляющих температурным режимом понтического водоносного горизонта, играет изучение трендов изменчивости, а также сезонных и суточных вариаций температур. Выявленный за период наблюдений направленный рост температур и незначительные по амплитуде их сезонные и суточные вариации являются показателем нарушенности температурного режима и указывают на влияние техногенного воздействия в пределах участка исследований территории города.

Настоящее исследование выполнено в рамках НИР «Дослідження інженерно-геодинамічного стану прибережних зсувних схилів Чорного моря та впливу природних і антропогенних факторів», которая финансировалась Министерством образования и науки Украины.

Литература

1. *Гидрогеология* /Под ред. В.М. Шестакова, М.С. Орлова. М.: изд-во МГУ, 1984. – 317 с.
2. *Ковалевский В.С.* Исследования режима подземных вод в связи с их эксплуатацией. М.: Недра. 1986. – 198 с.
3. *Козлова Т.В., Черкез Е.А., Шмуратко В.И.* Инженерно-геологические процессы на территории Одессы и их экологическое значение. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 36. Одеса, ОДАБА, 2009. С. 206 – 212.
4. *Отчеты* о результатах работ Одесской оползневой станции за 1955 - 1958 гг. Одесса, 1956 – 1959 гг.
5. *Світличний С.В.* Гідрогеологічний моніторинг в катакомбах Одеси / Світличний С.В., Ботнар М.Г., Світлична Х.О., Комищенко А.В., Алі І.Х. // Актуальні питання наук про Землю: погляд молоді: Матеріали ІІ Наукової конференції студентів і аспірантів (м. Харків, 12-13 квітня 2018 р.) / Х.: Стиль-Издат, 2018. – С. 33-36.
6. *Черкез Е. А.* Факторы формирования режима подземных вод острова Змеиный / Е. А. Черкез, В. И. Мединец, В. К. Свистун и др. // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2014. – Т. 19, № 4. – С. 328-342.
7. *Черкез Е.А.* Использование подземных сооружений Одессы для изучения режима подземных вод / Е.А. Черкез., С.В. Мединец, С.В. Светличный // Сб. материалов 1-й

научно-практической конференции 11 – 12 ноября 2017 г – «Подземные сооружения Одессы и Одесской области». – Одесса, Изд. ФЛП «Николаев А.И.», 2017. – С. 21-25.

Summary

An analysis of the results of the observations showed that an important role in identifying the factors that control the temperature regime of the pontific aquifer is played by the study of trends in variability, as well as seasonal and diurnal temperature variations. The directional temperature increase revealed during the observation period and their insignificant seasonal and diurnal variations are an indicator of the disturbance in the temperature regime and indicate the influence of anthropogenic impact within the research area of the city.

This study was carried out in the framework of the research work “Pre-development of the engineering-geodynamic camp of the coastal shores of the Black Sea and the inflow of natural and anthropogenic factors”, which was funded by the Ministry of Education and Science of Ukraine.