

НОВІ НАПРЯМИ, ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 556.3

Є. А. ЧЕРКЕЗ, д-р геол.-мін. наук, проф., В. І. МЕДІНЕЦЬ, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.,
Є. І. ГАЗЕТОВ, С. В. МЕДІНЕЦЬ, д-р природ. наук,
О. О. ПОГРЕБНА, С. В. СВІТЛИЧНИЙ
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
e-mail: eacherkez@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ПІДЗЕМНИМИ ВОДАМИ

Мета. Встановлення сучасних особливостей гідродинамічного режиму водоносних горизонтів і відповідних складових формування живлення лиману підземними водами за даними багаторічних спостережень для уточнення кількісних оцінок водного балансу Куяльницького лиману. **Методи.** Гідродинамічні методи розрахунків питомих витрат підземних вод в залежності від просторово-часових змін їх напорів і рівнів води в лимані. **Результати.** Для встановлення закономірностей режиму підземних вод в 2015 році облаштована мережа гідрогеологічних свердловин в заплаві верхів'їв Куяльницького лиману (селища Ковалівка – Стара Еметівка). За результатами спостережень 2015 – 2017 років виявлена наявність тісного гідравлічного зв'язку між ґрунтовими і поверхневими водами лиману і встановлено, що питомий приплив ґрунтових вод з боку східного берега перевищує приплив з боку західного. Результати розрахунків питомих витрат підруслового стоку в верхів'ях лиману вказують на те, що в посушливі періоди відбуваються втрати води з лиману на формування підруслового стоку зворотного напрямку. Надана оцінка питомих витрат потоку ґрунтових вод з боку моря скрізь алювіальні відклади пересипу і питомих витрат потоків підземних вод, які поступають з бортів долини лиману (водоносні горизонти в еолово-делювіальних відкладах середнього та верхнього плейстоцену вододільної рівнини, куяльницького ярусу і понтичного регіоярусу). Станом на 2016 -2017 рр. середній річний обсяг всіх складових живлення Куяльницького лиману підземними водами є еквівалентним підйому рівня лиману приблизно на 17 - 20 см і в порівнянні з обсягами лиману в 2016 році складає біля 35 - 50 %. **Висновки.** При оцінці водного балансу Куяльницького лиману разом з традиційними чинниками формування його гідрологічного режиму (атмосферні опади, річковий і боковий стік, випар) необхідно враховувати просторово-часові зміни обсягів всіх складових підземного живлення лиману.

Ключові слова: Куяльницький лиман, гідрогеодинамічний режим підземних вод, складові підземного живлення

Cherkez Ye. A., Medinets V. I., Gazyetov Ye. I., Medinets S. V., Pogrebna O. A., Svitlychnyi S. M.
Odessa National I.I.Mechnikov University

FEATURES OF CONSTITUENTS IN THE KUYALNYK ESTUARY GROUNDWATER INFLOW

Purpose. To establish current features in the hydrological regime of aquifers and respective constituents of the estuary inflow with groundwater based on many years' observations in order make the Kuyalnyk Estuary water balance qualitative assessment more precise. **Methods.** Hydrodynamic methods of groundwater specific discharge calculation depending on spatial and temporal changes of the estuary flow and water level were used. **Results.** To establish the regularities of groundwater regime in 2015 a network of hydrogeological wells was equipped in the Kuyalnyk Estuary floodplain (villages Kovalivka – Stara Emetivka). It has been established from the results of the observations of 2015 – 2017 that there is the close hydraulic connection between groundwater and surface water of the estuary; it has also been established, that the specific inflow of groundwater from the eastern bank prevail over that from the western bank. Results of calculation of the underflow specific discharge in the upper reaches of the estuary are showing that during dry periods water losses from the estuary to form the reverse direction underflow take place. Specific discharge of groundwater flow from the sea through alluvial deposition of bay-bar was estimated, as well as specific discharge of groundwater flowing from the sides of the estuary valley (aquifers in wind-born and diluvial deposition of middle and upper Pleistocene in interfluvial plain, Kuyalnyk Stage and Pontic horizon). As of 2016 -2017, average annual volume of all the constituents of groundwater inflow to the Kuyalnyk Estuary equaled to 17-20 cm increase of the estuary level and in comparison with the estuary volume in 2016 made around 35 - 50 %. **Conclusions.** Estimating the Kuyalnyk

Estuary water balance, spatial and temporal changes of all constituents of groundwater inflow volume should be taken into account together with the traditional factors of its hydrological regime forming (precipitation, river and side discharge, evaporation).

Key words: Kuyalnyk Estuary, hydrogeodynamic regime of groundwater, constituents of groundwater inflow

Черкез Е. А., Мединец В. И., Газетов Е. И., Мединец С. В., Погребная О. А., Светличный С. В.
Одесский национальный университет имени И. М. Мечникова

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ

Цель. Установление современных особенностей гидродинамического режима водоносных горизонтов и соответствующих составляющих формирования питания лимана подземными водами по данным многолетних наблюдений для уточнения количественных оценок водного баланса Куяльницкого лимана. **Методы.** Гидродинамические методы расчетов удельного расхода подземных вод в зависимости от пространственно-временных изменений их напоров и уровней воды в лимане. **Результаты.** Для установления закономерностей режима подземных вод в 2015 году обустроена сеть гидрогеологических скважин в пойме верховий Куяльницкого лимана (села Ковалевка – Старая Эметовка). По результатам наблюдений 2015 – 2017 гг. выявлено наличие тесной гидравлической связи между грунтовыми и поверхностными водами лимана и установлено, что удельный приток грунтовых вод с восточного берега преобладает над притоком с западного. Результаты расчетов удельного расхода подруслового стока в верховьях лимана указывают на то, что в засушливые периоды происходят потери воды из лимана на формирование подруслового стока обратного направления. Дана оценка удельных расходов потока грунтовых вод со стороны моря через аллювиальные отложения пересыпи и удельных расходов потоков подземных вод, которые поступают с бортов долины лимана (водоносные горизонты в эолово-делювиальных отложениях среднего и верхнего плейстоцена водораздельной равнины, куяльницкого яруса и понтического региояруса). По состоянию на 2016 -2017 гг. средний годовой объем всех составляющих питания Куяльницкого лимана подземными водами эквивалентно подъему уровня лимана приблизительно на 17 - 20 см и в сравнении с объемами лимана в 2016 году составляет около 35 - 50 %. **Выводы.** При оценке водного баланса Куяльницкого лимана вместе с традиционными факторами формирования его гидрологического режима (атмосферные осадки, речной и боковой сток, испарение) необходимо учитывать пространственно-временные изменения объемов всех составляющих подземного питания лимана.

Ключевые слова: Куяльницкий лиман, гидрогеодинамический режим подземных вод, составляющие подземного питания

Вступ

Кризовий стан Куяльницького лиману, який пов'язаний з порушенням водного балансу в останнє десятиріччя стимулював проведення досліджень водного режиму лиману, який за висновками авторів [1-4] формується атмосферними опадами, річковим і боковим стоками та випаровуванням. Такою складовою водного балансу, як живлення лиману підземними водами, априорі практично всі дослідники нехтували, посиляючись на оцінки Г.І. Швєбса [5], за даними якого складова підземного живлення лиману не перевищувала 1-2% від загальної прибуткової частини водного балансу. При цьому слід відмітити, що наведені в цьому звіті оцінки базувались на даних з обмеженої кількості пунктів спостережень (декілька колодязів в верхів'ях лиману і свердловин на ґрунтові води пересипу) і невеличкій їх тривалості. Наш досвід розрахунків витрат субаквального розвантаження напірних підземних вод, які містяться в відкла-

дах верхньосарматського підрегиоярусу верхнього міоцену [6] показав, що реальні оцінки обсягів живлення лиману при врахуванні детальної експериментальної інформації суттєво підвищили значення відповідних потоків, що поставило під сумнів і оцінки інших складові підземного живлення, які використовуються науковцями для складання водного балансу лиману.

Враховуючі те, що для отримання об'єктивних оцінок обсягів живлення Куяльницького лиману підземними водами необхідно встановити особливості і закономірності сезонних і багаторічних змін ключових гідродинамічних характеристик водонесних горизонтів, нами у 2015-2017 рр. виконувалась комплексна програма інтегрованого моніторингу екосистеми Куяльницького лиману [7], одним з ключових блоків якої були гідрогеологічні спостереження, які здійснювались на облаштованій нашою науковою групою мережі гідрогео-

логічних свердловин в заплаві Куяльницького лиману. За результатами багаторічних спостережень встановлені закономірності режиму і отримані розрахункові витрати ґрунтових вод заплави і підруслового стоку, а також витрати потоку ґрунтових вод з боку моря скрізь алювіальні відклади пересипу. Витрати підземних вод, які надходять з бортів долини лиману (водоносні горизонти в оолово-делювіальних відкладах середнього та верхнього плейстоцену вододільної рівнини, куяльницького ярусу і понтичного регіоярусу) оцінювались з використанням ділянок-аналогів.

Методи дослідження

Об'єкт досліджень – підземна гідрофера лиману. Предмет досліджень – гідрогеологічні особливості формування живлення лиману.

Детальний аналіз гідрогеологічних умов Куяльницького лиману, який наведений нами в роботі [6] і був зроблений нами на основі аналізу результатів досліджень інших авторів [8-13], показав, що у гідрогеологічному відношенні район Куяльницького лиману знаходиться в межах північної частини Причорноморського артезіанського басейну, який являє собою напіврозкриту гідрогеологічну структуру зі складними гідрогеологічними умовами. Однією із загальних рис осадової товщі зони активного водообміну є часте чергування і зміна невитриманості по площі і потужності водоносних і водонепроникних горизонтів. Все це призводить до різних умов живлення, циркуляції і розвантаження підземних вод [12,13].

Формування потоків підземних вод в долині Куяльницького лиману відбувається в тісному взаємозв'язку з поверхневими водами. В процесі такої взаємодії може здійснюватись відтік води з лиману, в результаті якого відбувається поповнення запасів підземних вод, або навпаки – має місце підземний стік в водойму. Характер і форми взаємодії потоку підземних вод різноманітні і визначаються комплексом природних умов. Серед них першочергове значення мають будова гідрогеологічного розрізу в поєднанні з глибиною ерозійного вирізу, фільтраційні властивості порід і режим підземних і поверхневих вод. Базовою гідродинамічною передумовою, яка обумов-

лює фільтраційну структуру підземного потоку, а також водообмін підземних вод з поверхневими водами і між собою являється співвідношення їх напорів і рівнів води в лимані.

Ціллю нашого дослідження було встановлення сучасних особливостей гідродинамічного режиму водоносних горизонтів і відповідних складових формування живлення лиману підземними водами за даними багаторічних спостережень для уточнення кількісних оцінок водного балансу Куяльницького лиману. *Зв'язок з науковими програмами.* Дослідження виконувалися у 2015-2017 рр. в рамках держбюджетної теми «Вивчити кризові зміни екосистеми Куяльницького лиману та обґрунтувати заходи щодо стабілізації його екологічного стану» (№ госреєстрації 0115U003221).

лює фільтраційну структуру підземного потоку, а також водообмін підземних вод з поверхневими водами і між собою являється співвідношення їх напорів і рівнів води в лимані.

На жаль, існуючі в межах басейну Куяльницького лиману мережі гідрогеологічних об'єктів (свердловини, колодязі, підземні джерела), в яких проводяться спостереження за ключовими характеристиками режиму підземних вод (рівень, хімічний склад, температура) завжди були розташовані досить нерівномірно. Цілоком природно, що найбільша кількість свердловин (експлуатаційні і спостережні) облаштовані на території клінічного санаторію імені Пирогова і заводу розливу мінеральних вод «Куяльник», в яких гідрогеологічні спостереження проводяться Гідрогеологічною станцією санаторію і службою контролю за якістю води заводу з середини 50-х років минулого століття.

Окрім види гідрогеологічних досліджень, буріння свердловин, картування і опис колодязів і джерел, які розташовані в межах заплави і на схилах лиману, здійснювалось в різні роки ДРГП «Причорноморгеологія» і Українським НДІ медичної реабілітації та курортології. Періодичне обстеження колодязів і джерел виконували науковці Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини, Одеського державного екологічного університету і Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. В зв'язку з необхідністю встановлення рівня забрудненості території і ґрунтових вод району Куяльницько-Хаджибейського пересипу збільши-

лась кількість спостережних свердловин, облаштованих ТОВ «Гідрогеосервіс».

Таким чином, можна констатувати що найменшою забезпеченістю гідрогеологічних спостережень характеризуються верхів'я і середня частина лиману і власно, в першу чергу, ділянка заплави лиману. Саме тому, нами в 2015 році в районі селищ Ковалівка – Стара Еметівка були облаштовані 3 створи гідрогеологічних свердловин (рис.1, 2). Кількість спостережних свердловин в створі і відстань між ними проектувалась з урахуванням особливостей рельєфу заплави, ймовірних змін відстані до урізу води в лимані і можливого напрямку природного руху потоку ґрунтових вод.

Свердловини обладнанні обсадною пластиковою трубою з отворами і ситчастим фільтром, оголовок захищено пластиковим ковпаком. Затрубний простір герметизувався трамбівкою глинистим матеріалом. Внутрішній діаметр обсадної труби спостережної свердловини забезпечував безперешкодне переміщення вимірювальної апаратури і відбір проб води. Виміри проводились від оголовку свердловини або зрубу колодязя з визначеними координата-

ми. Висотні відмітки свердловин і колодязів отримані спеціалістами Центру інженерних досліджень методом нівелювального ходу 4 класу тахеометром Sokkia SET530RK3 відносно репера, який розташований на опорі ЛЕП. Заміри рівня ґрунтових вод в свердловинах і колодязях здійснювались переносною рейкою або гідрогеологічною дрютяною сталевією рулеткою з хлопавкою з точністю до 0,5 см. Температуру води вимірювали джерельними (лінівими) термометрами із поділками 0,1-0,2 град.

Створи спостережних гідрогеологічних свердловин знаходяться на ділянках (рис.1, 2):

- с. Ковалівка – створ 1 довжиною 342 м, який включає 9 свердловин глибиною 1,0 -3 м;

- с. Стара Еметівка – створ 2 довжиною 1375 м, який включає 15 свердловин глибиною 1,0 – 1,2 м;

- с. Стара Еметівка – створ 3 довжиною 1143 м, який складається з двох фрагментів (146 м і 81 м) розділених островом, до кожного з яких входять по 3 свердловини глибиною 1,0 - 1,2 м.

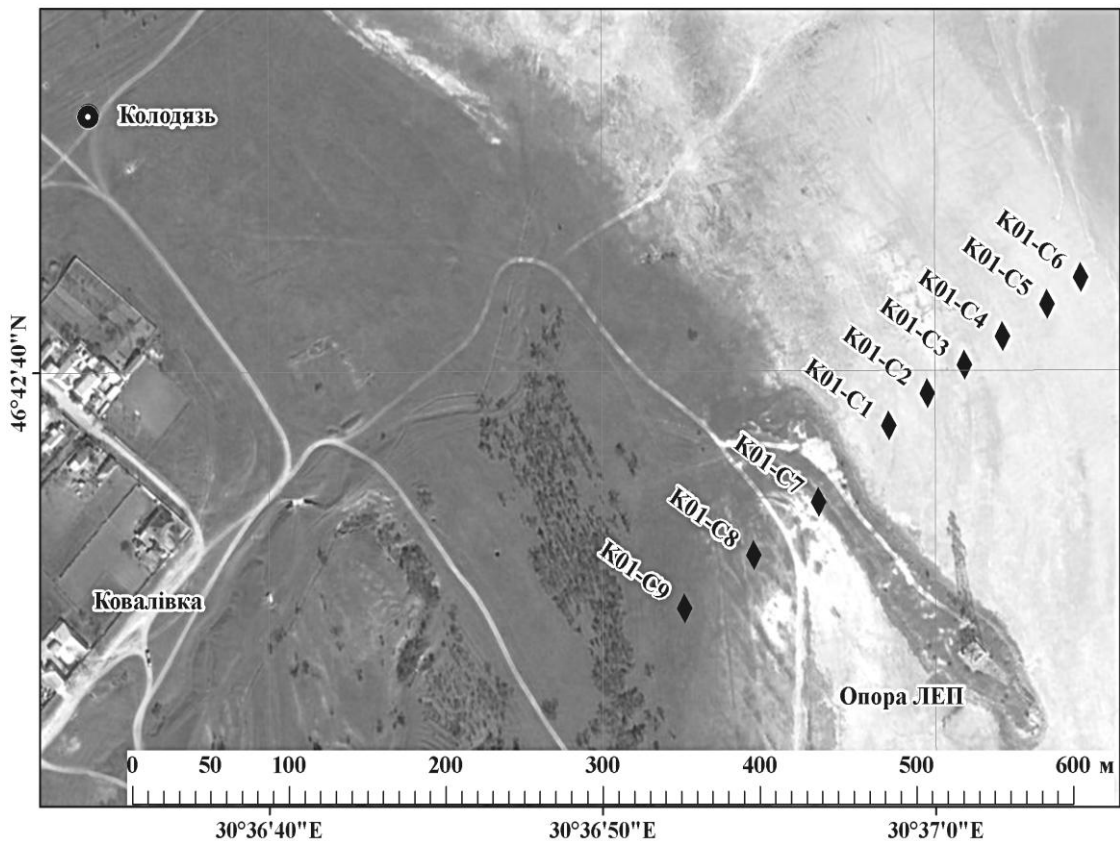


Рис. 1 – Схема розташування гідрогеологічних свердловин в створі 1 (с. Ковалівка)

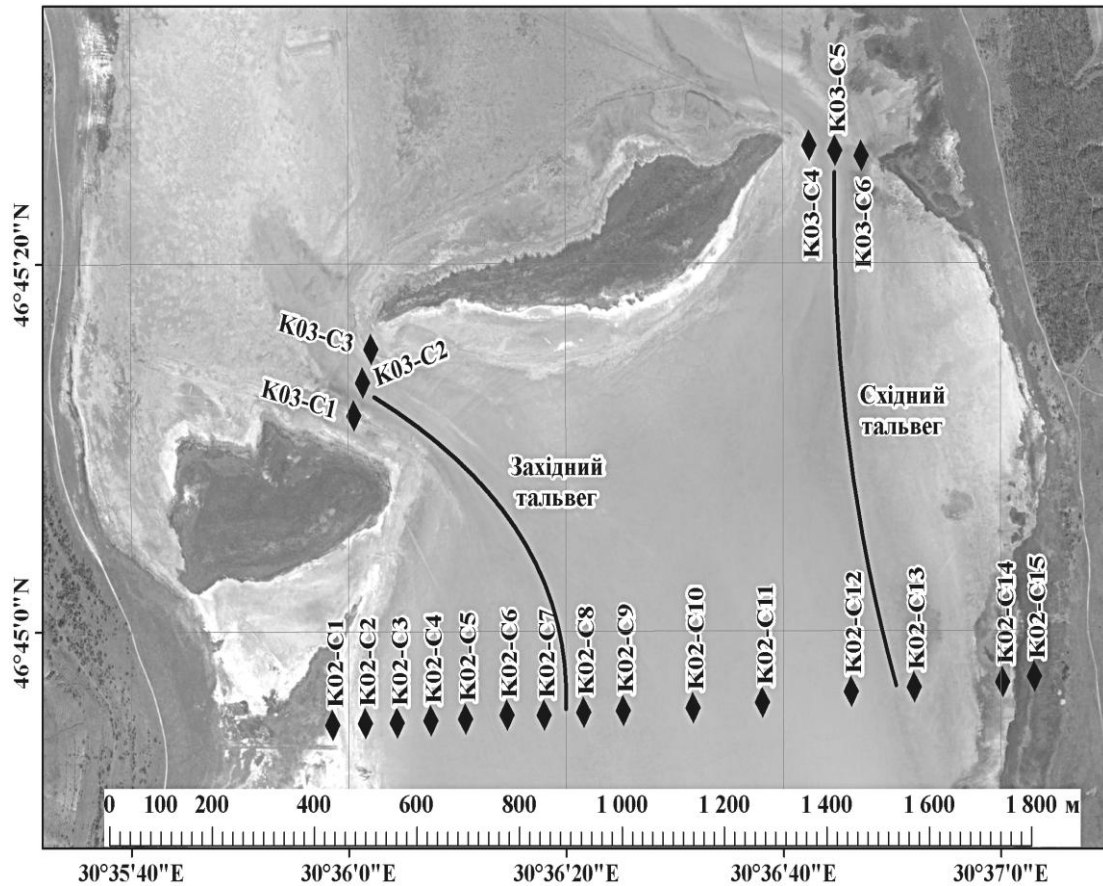


Рис. 2 – Схема розташування гідрогеологічних свердловин в створах 1 і 2 (с. Стара Еметівка). Чорними лініями показані напрями тальвегів заплави

Статистична обробка і аналіз даних спостережень гідродинамічного режиму ґрунтових вод заплави виконувалась в програмі «Statistica». В основу аналізу покладено графічне представлення багаторічних

коливань рівнів водоносних горизонтів. Кількісна оцінка їх витрат, як складових підземного живлення лиману, виконувались гідродинамічним методом за формулою Дарсі [14].

Результати та обговорення

Загальний приплив підземних вод до Куяльницького лиману має складові, які відповідають границям зони активного водообміну і визначаються просторовою структурою потоків підземних вод, фільтраційною будовою розрізу і співвідношенням напорів. Одна з складових підземного живлення визначається витратами ґрунтових вод заплави лиману і підруслового стоку, друга – витратами підземних вод, які надходять з бортів долини лиману (водоносні горизонти в еолово-делювіальних відкладах середнього та верхнього плейстоцену вододільної рівнини, куяльницького ярусу і понтичного регіоярусу). Третя складова – витрати потоку ґрунтових вод з боку моря скрізь алювіальні відклади пересипу. Чет-

верта – витрати субаквального розвантаження в лиман напірного водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіоярусу верхнього міоцену.

Дослідження режиму і оцінка витрат ґрунтових вод заплави лиману в 2015-2017 роках. Заплава Куяльницького лиману являє собою прилеглу до русла пологої частини дна річкової долини, яка під час повені, а також великої кількості атмосферних опадів і збільшеного поверхневого схилового стоку затоплюється водою.

Геологічну основу заплавної тераси складають розташовані на верхньосарматському вирізі алювіальні і лиманно-морські відклади дна лиману представлені середньо- і крупнозернистими кварцовими піс-

ками, глинами темно-зеленими, піщанисти-ми з прошарками мулу і лігніту. Верхню частину геолого-літологічного розрізу заплави і дна лиману складають сучасні донні відклади лиману представлені мулами, пісками і глинами, які сформувалися в результаті тривалої діяльності денудаційних і акумулятивних процесів. В північній частині улоговини Куяльницького лиману, за даними буріння спостережних гідрогеологічних свердловин (селища Ковалівка – Стара Еметівка), чорні лікувальні мули мають потужність 0,4 – 0,6 м. В якості домішок в них присутні пісок і іноді прошарки (1 – 5 см) черепашок. Під чорними мулами залягає шар темно-сірих мулів середньою потужністю 0,2 – 0,4 м. Нижче розташовані піски дрібнозернисті, нерідко замулені, з розкритою бурінням потужністю 0,1 – 1,0 м. Водомісткі породи на ділянках розташування створів спостережних гідрогеологічних свердловин представлені піщаними, черепашковими утвореннями заплави, відносними водотривами слугують сучасні мули.

Водомісткі породи не завжди витримані в плані і розрізі, взаємодіють між собою скрізь гідравлічні вікна та слабопроникні шари мулів незначної потужності. Тому води в такій товщі водомістких та слабопроникних порід слід розглядати як єдиний горизонт ґрунтових вод. Водоносний горизонт безнапірний і залягає на глибині від перших сантиметрів до 2,5 м. Живлення

ґрунтових вод заплави відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і розвантаження водоносних горизонтів з боку схилів лиману.

Природний режим ґрунтових вод заплавної тераси характеризується двома екстремальними положеннями — весняним максимумом і літнім-осіннім мінімумом (Рис.3 - 5). Весняний максимум підвищення рівня ґрунтових вод відбувається в лютому-квітні місяцях за винятком свердловин (K01-C9, K01-C8) і колодязя, які розташовані в тильній стороні заплави біля схилу і де весняний максимум припадає на травень. Мінімум рівня ґрунтових вод в усіх свердловинах спостерігається в вересні і відповідає вересневим мінімумам рівня в лимані. В 70% свердловин всіх створів сезонні амплітуди рівнів складають 0,4 – 0,7 м і тільки в свердловинах, які розташовані в тильній стороні заплави біля схилу вона досягає 1,46 м і 1,7 м. Весь діапазон змін рівнів в свердловинах протягом періоду спостережень знаходиться в межах діапазону рівнів в колодязі і лимані (Рис. 3 – 5). Це вказує, по-перше, на тісний гідравлічний зв'язок між ґрунтовими і поверхневими водами лиману та, по-друге, на постійне протягом року живлення лиману підземними водами з боків західного і східного схилів.

Для розрахунків припливів ґрунтових вод заплави в бік лиману виконана схематизація фільтраційної будови заплави, яка

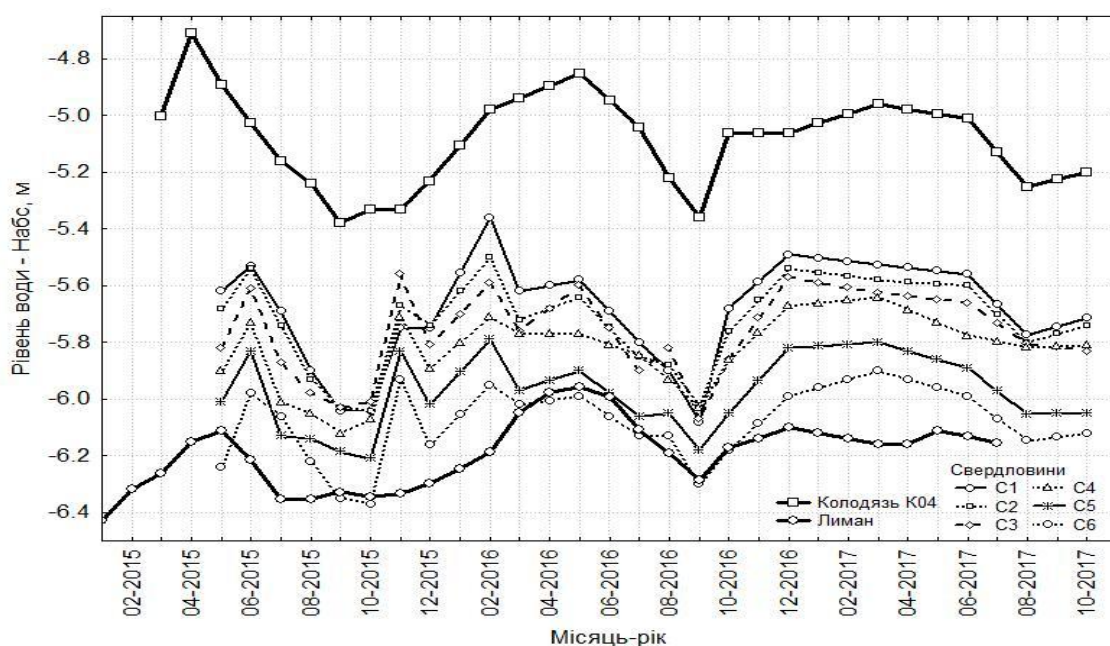


Рис. 3 – Зміни рівнів (в відмітках БС) ґрунтових вод в спостережних свердловинах створу 1

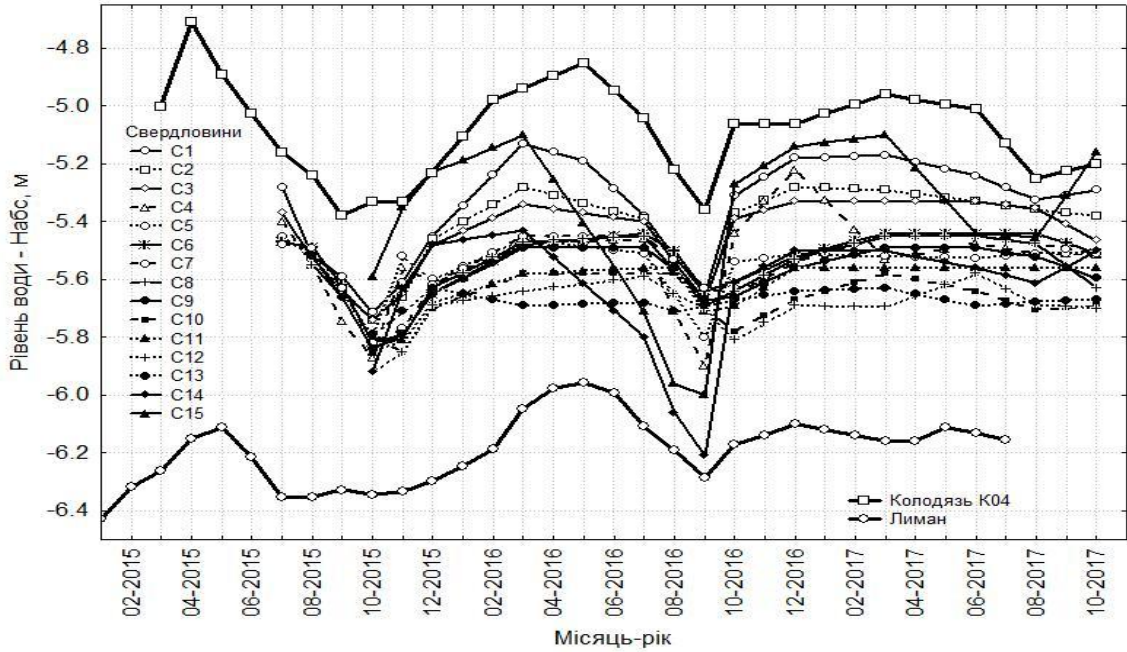


Рис. 4 – Зміни рівнів (в відмітках БС) ґрунтових вод в спостережних свердловинах створу 2

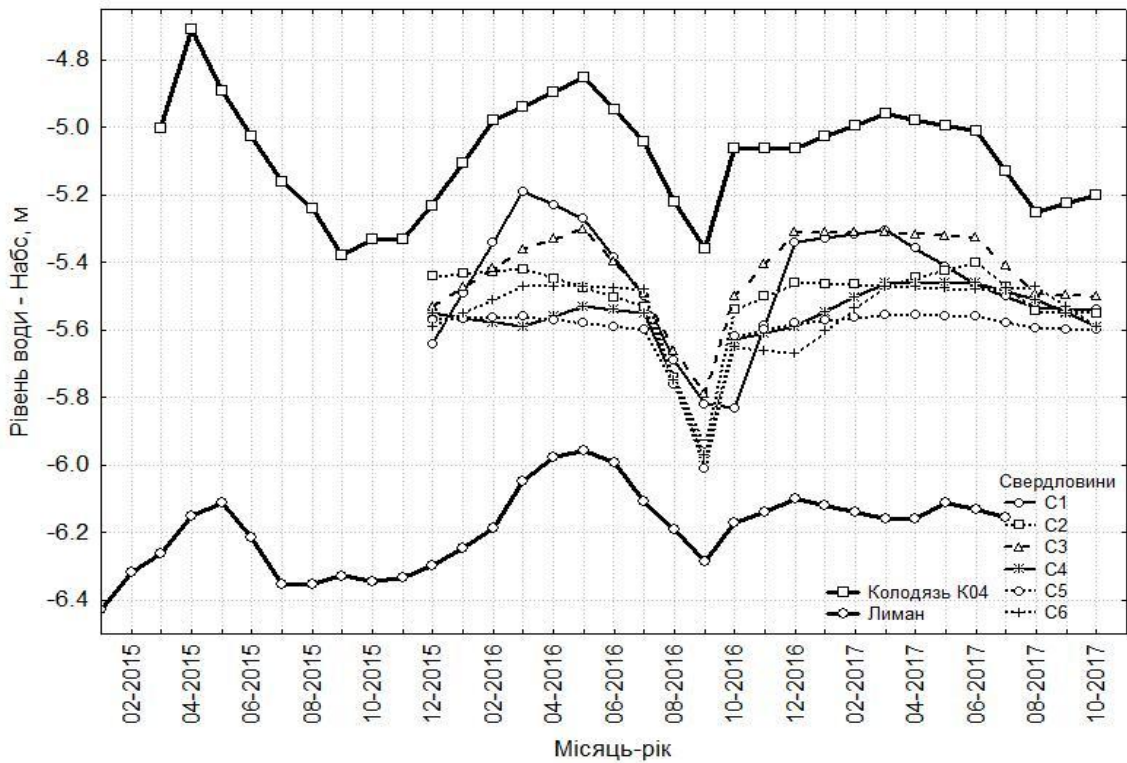


Рис. 5 – Зміни рівнів (в відмітках БС) ґрунтових вод в спостережних свердловинах створу 3

складається з двох шарів на водотривкій основі – ерозійному вирізі відкладів верхньосарматського підрегіоярису. Верхній шар – мулові відклади потужністю до 4,0 м з мінімальним коефіцієнтом фільтрації 0,005 м/добу. Нижній шар потужністю до 11,0 м – алювіальні замулені середньо- і грубозернисті піски прарусла ріки Куяльник потужністю 8 – 11 м з мінімальним ко-

ефіцієнтом фільтрації 1,0 м/добу. Розрахункове значення коефіцієнту фільтрації K отримано як середньозважене за потужністю виділених шарів і дорівнює 0,73 м/добу.

Розрахунок питомого припливу ґрунтових вод заплави виконано на прикладі створу 2 довжиною 1375,23 м, який повністю пересікає осушену заплаву лиману і об'єднаний 15 спостережними свердловинами

розташованими на відстані 60 – 170 м одна від одної (рис. 2). Абсолютні відмітки (БС) рельєфу заплави в межах створу змінюються від -4,67 м (свердловина К02-С1) з боку західного берегу лиману до мінімальних на ділянці тальвегу – -5,63 м (свердловина К02-С13) і далі підвищуються до -5,1 м (свердловина К02-С15) на східному боці заплави. Аналіз просторового розподілу рівнів ґрунтових вод в свердловинах вздовж створу показує, що їх значення знижуються від західної і східної границь створу в бік тальвегу заплави, де розташована свердловина К02-С13. Такий розподіл уклонів поверхні ґрунтових вод свідчить про наявність західного і східного потоків ґрунтових вод заплави і потребує відокремленого визначення їх припливів.

За результатами розрахунків встановлено, що динаміка питомих витрат ґрунтових вод заплави має добре виражений сезонний характер. Максимальні витрати припадають на грудень-березень, мінімальні – на червень-серпень. Зимово-весняне і літнє живлення лиману з боку західного берегу (q_1) не має значних відмінностей, в той час як живлення з боку східного берегу (q_2) у зимово-весняний період перевищує літнє живлення в 4 – 5 разів (рис. 6). Враховуючи, що для розрахунків обсягів живлення лиману ґрунтовими водами заплави найбільше значення мають витрати ґрунтових вод заплави зимово-весняного періоду питоми витрати $q_{sum} = 0,028 \text{ м}^3/\text{добу}$ прийняті як середні за грудень-березень 2015-2016 і 2016-2017 років.

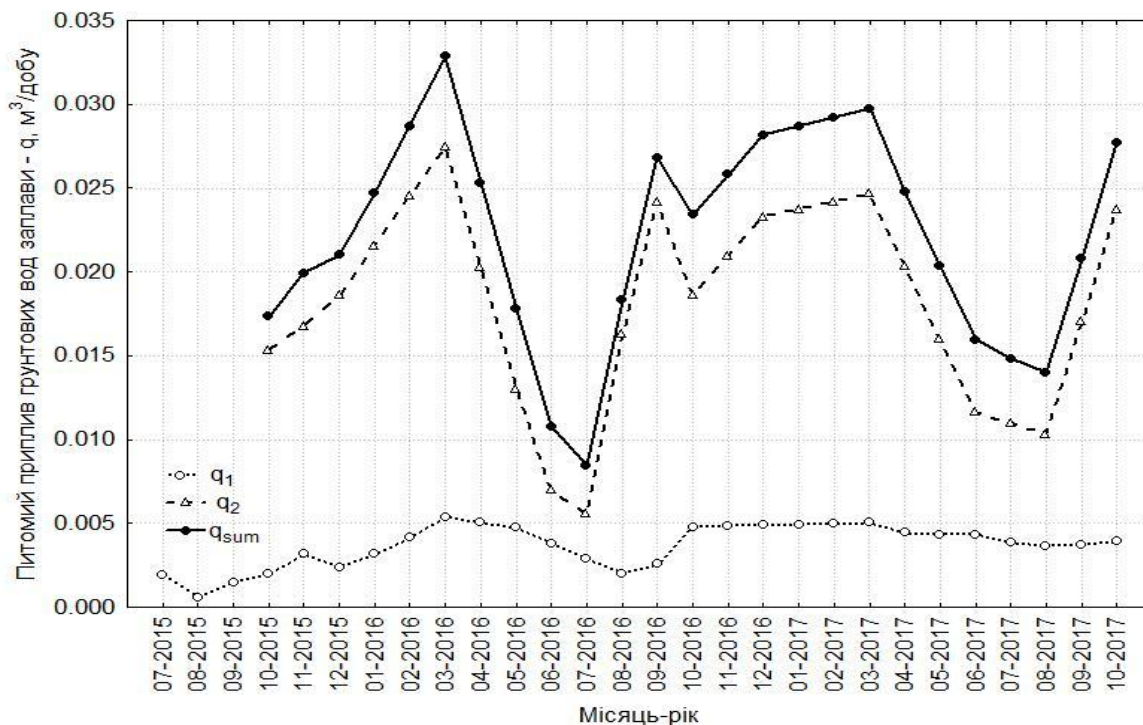


Рис. 6 – Зміни питомого припливу ґрунтових вод заплави в лиман з боку західного (q_1), східного (q_2) берегів і сумарний (q_{sum})

Оцінка витрат підруслового стоку заплави лиману. В районі с. Северинівка долина ріки В. Куяльник вливається в долину лиману Куяльник. Біля насипної дамби, яка відокремлює долину закінчується спрямлене русло р. В. Куяльник, воно розділюється на декілька рукавів і губиться в заплаві, яка рідко має водний покрив (в найбільш багатководні роки). Найбільш мілководною являється північна частина лиману. Улоговина лиману має коритоподібну

форму і характеризується плавним набором глибини від берегової лінії до тальвегу лиману. Дно лиману широке, пологіе і рівне з нахилом в південному напрямку. По осьовій лінії нарощування глибини відбувається повільно з півночі на південний схід і південь. В посушливі роки верхня частина лиману пересихає, зустрічаються тільки сліди зволоження і не завжди пов'язані між собою заповнені водою ділянки русла (тальвеги) заплави і дна лиману.

В районі розташування 3-го створів гідрогеологічних свердловин заплава поділена островом на два рукави – західний і східний. В межах цього створу мінімальним абсолютним відміткам західного рукава русла відповідає свердловина K03-C2, а східного – свердловина K03-C5. Сухі або тимчасово заповненні водою рукава русел простежуються між створами 2 і 3 у вигляді лінійних ділянок понижень в рельєфі заплави – тальвегів. Вздовж 2-го створу продовження західного рукава русла в південному напрямку співпадає з ділянкою розташування свердловини K02-C7, а східного – зі свердловиною K02-C13 (рис. 2).

Нахил дзеркала ґрунтових вод вздовж осевих ліній західного і східного тальвегів заплави розраховувався за результатами синхронних замірів рівня в свердловинах K03-C2 - K02-C7 і K03-C5 - K02-C13. Розрахунки питомих витрат підруслового стоку, які виконувались окремо для західного (q_{r1}) і східного (q_{r2}) тальвегів заплави, вказують на наявність їх від'ємних величин

(рис. 7). За фізичним змістом це означає, що поверхневі води лиману втрачалися на живлення ґрунтових вод заплави, рух яких в окремі періоди набував зворотного напрямку. Одночасно проявом такого процесу являються втрати вод лиману на насичення мулів заплави і особливо в найбільших обсягах її західної ділянки, де питомі витрати підруслового стоку лише в зимові сезони набувають позитивних значень.

В межах всієї ширини заплави найбільші втрати вод лиману спостерігалися в липні-вересні 2016 року, коли за даними гідрогеологічних спостережень відбувається зміна нахилу дзеркала ґрунтових вод між 2 і 3 створами свердловин на зворотній (нахил на північ). Така ситуація означає, що в цей період живлення підруслового стоку відбувається тільки за рахунок втрат поверхневих вод лиману. Починаючи з жовтня місяця відновлюється живлення підруслового стоку і він починає постачати воду в лиман.

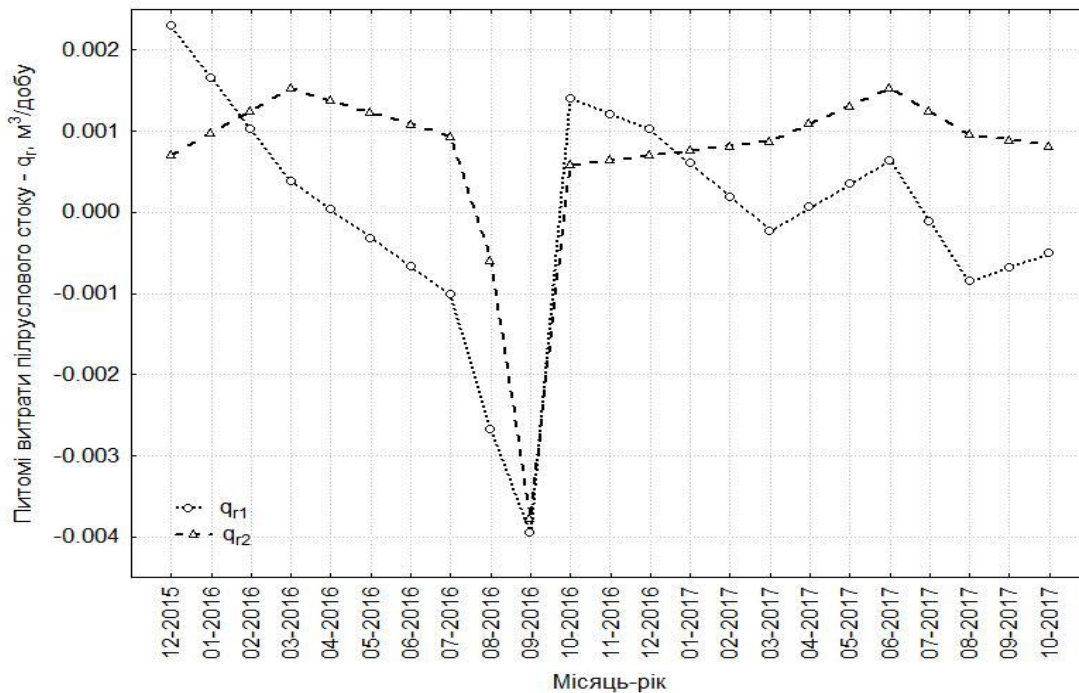


Рис. 7 – Зміни питомих витрат підруслового стоку під західним (q_{r1}) і східним (q_{r2}) тальвегами заплави лиману

Подальша динаміка змін витрат питомих витрат підруслового стоку свідчить про те, що в 2017 році живлення лиману відбувалося за рахунок підруслового стоку східної сторони заплави. Разом з тим, наявність відносного збільшення витрат підруслового

стоку під обома тальвегами в червні 2017 року вказує на існування додаткового живлення, можливо за рахунок субквального розвантаження водоносного горизонту з відкладів верхньосарматського підрегіонарусу [6, 15, 16].

Таким чином результати розрахунків підруслового стоку в верхів'ях лиману вказують на те, що в останні роки він практично не витрачається на живлення лиману, навіть більш того, в окремі періоди відбуваються втрати води з лиману на формування підруслового стоку зворотного напрямку.

Оцінка витрат потоків підземних вод, які поступають з бортів долини лиману. Водоносний горизонт у середньо-верхньочетвертинних еолово-делювіальних відкладах вододільної рівнини має спорадичне розповсюдження і вільну поверхню. Водомісткими є легкі суглинки і середні лесовидні суглинки. Водотривами являються тяжкі суглинки і червоно-бурі глини верхньопліоценового віку. Глибина залягання знаходиться в діапазоні 3 – 8 м В зв'язку з відсутністю даних режимних спостережень за рівнем цього водоносного горизонту в межах Куяльницького лиману для оцінки його витрат використано дані режимних спостережень на аналогічних ділянках узбережжя інших лиманів, моря і зрошувальних територій. За даними багаторічних спостережень рівнів і припливів в бік схилів Хаджибейського, Сухого, Малого Аджаликського лиманів, і дренажних споруд Одеського узбережжя питомий приплив водоносного горизонту, що міститься в еолово-делювіальних відкладах вододільної рівнини, складає 0,02 – 0,07 м³/добу на 1пм узбережжя і залежить від його потужності і фільтраційних властивостей лесових порід. Враховуючи, що в межах Куяльницького лиману потужність цього водоносного горизонту дещо менше, ніж на вибраних аналогічних ділянках, його мінімальні витрати мають складати близько 0,02 м³/добу на 1пм узбережжя лиману.

Серед водоносних горизонтів верхньої частини гідрогеологічного розрізу водоносний горизонт в відкладах понтичного регіонарусу має найбільш широке розповсюдження і виходить на денну поверхню схилів лиману у вигляді численних джерел на відмітках 4 - 5 м. Водомісткими є оолітово-черепашково-детритусові вапняки. Його мінімальна водообільність в 10 – 20 разів перебільшує водообільність водоносного горизонту еолово-делювіальних відкладах. На відстані 15 – 20 км від узбережжя моря, там де відклади понтичного регіонарусу прорізується природними дренами питомий

приплив водоносного горизонту складає 0,25 – 1,0 м³/добу на 1пм, а в береговій зоні досягає 2,0 – 3,0 м³/добу на 1пм. Дебіти джерел і колодязів в долині лиману досягають 10 – 20 м³/добу. Про розвантаження понтичного горизонту з корінного схилу лиману свідчить також наявність зсувних процесів, прояв яких при відсутності абразії берегів і досить пологих схилах повинен бути значно меншим. Узагальнення даних щодо питомих припливів понтичного водоносного горизонту на інших ділянках вказують на те, що його мінімальні обсяги надходження з бортів лиману мають складати близько 0,15 м³/добу на 1пм.

Водоносний горизонт у відкладах куяльницького ярусу відомий тільки в балочних колодязях. Горизонт безнапірний, розповсюджений в вигляді лінз, дренається долинами балок і Куяльницьким лиманом. Дебіт колодязів незначний. Враховуючи незначні ресурси водоносного горизонту, його впливом на живлення лиману можливо знехтувати.

Оцінка витрат потоку ґрунтових вод з боку моря скрізь алювіальні лиманно-морські відклади Куяльницької частини пересипу. Пересип Хаджибейського і Куяльницького лиманів утворюють єдину акумулятивну форму довжиною 8 км і шириною від 1,7 км у створі Куяльницького лиману до 4,5 км у створі Хаджибейського лиману. На ділянці Куяльницької частини пересипу підземні води першого від поверхні горизонту локалізуються в 2-х шарах різнозернистих мулових пісків на глибинах 1,2 - 10,0 і 24,0 - 32,0 м, утворюючи своєрідний водоносний пласт-смугу. Функцію водотривкого розділяючого «екрану» (з численними пісковими «вікнами») на глибинах 10,0 - 24,0 м виконують в'язкі пластичні мули. Нижнім водотривким шаром на глибинах 32 – 40 м є зеленувато-сірі глини верхньосарматського підрегіонарусу верхнього міоцену.

На території пересипу рівні ґрунтових вод встановлюються на глибинах 0,3 - 2,0 м; амплітуди річних коливань рівня складають 0,3 - 1,3 м. Підземні води в нижньому шарі пісків мають слабконапірні властивості. На ділянці пересипу, що примикає до Куяльницького лиману, режим ґрунтових вод визначається винятково гідравлічним зв'язком з морем і лиманом. Відмітки поверхні землі і відмітка дзеркала води в Куяль-

нищому лимані, що суттєво нижче рівня моря, визначають напрямок фільтраційного потоку, в основному, убік лиману.

Для розрахунків фільтрації морських вод бік лиману виконана схематизація фільтраційної будови пересипу, яка має трьохшарову будову на водотривкій основі. Верхній шар – різнозерністі мулові піски потужністю 10,0 м з мінімальним коефіцієнтом фільтрації 1,0 м/добу [17]. Середній шар потужністю до 14,0 м – лиманно-морські мули з мінімальним коефіцієнтом фільтрації 0,005 м/добу. Нижній шар – різнозерністі мулові піски потужністю 16,0 м з мінімальним коефіцієнтом фільтрації 1,0 м/добу. Розрахункове значення коефіцієнту фільтрації отримано як середньозважене за потужністю виділених шарів і дорівнює $K = 0,6$ м/добу. За результатами розрахунків питомий приплив морських вод скрізь акумулятивну форму пересипу в лиман буде складати $0,11$ м³/добу на 1пм.

Оцінка живлення Куяльницького лиману підземними водами. Отримані на основі результатів гідрогеологічних спостережень розрахункові середні питомі витрати водоносних горизонтів дозволили оцінити середні щорічні обсяги складових підземного живлення Куяльницького лиману у 2016 – 2017 рр.

1. Приплив ґрунтових вод заплави у зимово-весняний період (грудень-березень) з врахуванням довжини лиману (≈ 20 км) складав:

$$Q_{\text{запл}} = (0,029 \text{ м}^3/\text{добу} * 20000 \text{ м}) * 120 \text{ діб} = 69600 \text{ м}^3;$$

1. В верхів'ях Куяльницького лиману вперше облаштована мережа гідрогеологічних спостережних свердловин для вивчення особливостей і встановлення закономірностей формування гідродинамічного режиму і припливів в лиман ґрунтових вод заплави.

2. Детальний аналіз динаміки рівнів ґрунтових вод заплави за період 2015-2017 рр. свідчить про те, що їх природний режим характеризується двома екстремальними положеннями — весняним максимумом (лютий - квітень) і літнім-осіннім мінімумом (липень-вересень) з амплітудами рівнів 0,4 – 0,7 м, які відповідають діапазону змін рівнів в колодязях і лимані. Це вказує на

2. Приплив четвертинного і понтичного водоносних горизонтів з бортів долини лиману з врахуванням довжини західного і східного берегів (≈ 40 км) складав

$$Q_{\text{сх}} = (0,02 \text{ м}^3/\text{добу} + 0,15 \text{ м}^3/\text{добу}) * 40000 \text{ м} * 365 \text{ діб} = 2482000 \text{ м}^3.$$

3. Приплив морських вод скрізь пересип лиману з врахуванням довжини Куяльницької частини пересипу ($\approx 1,7$ км) складав:

$$Q_{\text{пр}} = 0,11 \text{ м}^3/\text{добу} * 1700 \text{ м} * 365 \text{ діб} = 68255 \text{ м}^3.$$

4. Приплив за рахунок субаквального розвантаження водоносного горизонту у відкладах верхньосарматського підрегіону з врахуванням площі водної поверхні лиману ($\approx 40 - 50$ км²) складав [6]:

$$Q_{40} = 0,00029 \text{ м}^3/\text{добу} * 40 * 10^6 \text{ м}^2 * 365 \text{ діб} = 4234000 \text{ м}^3;$$

$$Q_{50} = 0,00029 \text{ м}^3/\text{добу} * 50 * 10^6 \text{ м}^2 * 365 \text{ діб} = 5292500 \text{ м}^3.$$

Таким чином, середній річний загальний обсяг живлення Куяльницького лиману підземними водами в 2016-2017 рр знаходився в діапазоні від 6853855 до 7912355 м³. Такий обсяг живлення є еквівалентом підйому рівня лиману приблизно на 17 - 20 см. Важливо підкреслити, що всі розрахунки отримані для умов використання мінімальних значень параметрів фільтраційних властивостей порід і реальних гідрогеодинамічних показників режиму підземних вод і рівня води в лимані. В порівнянні з обсягами лиману у 2016 році 15 - 20 млн. м³ [4] обсяг підземного живлення лиману складає біля 35 - 50 %, що значно перевищує загальноприйнятні 1 – 2 % [1 - 5].

Висновки

тісний гідравлічний зв'язок між ґрунтовими водами заплави і поверхневими лиману, а також на живлення лиману з боків західного і східного схилів. Зимово-весняні і літні питомі припливи ґрунтових вод з боку східного берега лиману перевищують припливи з боку західного в 4 – 5 разів і знаходиться в діапазоні 0,01 – 0,03 м³/добу на 1пм.

3. Результати розрахунків підруслового стоку під осушеною частиною заплави в верхів'ях лиману вказують на те, що в останні роки він практично не витрачається на живлення лиману, а в посушливі періоди року відбуваються втрати води з лиману на

формування підруслового стоку зворотного напрямку.

4. Використання і узагальнення даних щодо питомих припливів підземних вод по ділянкам-аналогам інших лиманів і морського узбережжя свідчать про те, що мінімальні обсяги надходження підземних вод з бортів долини лиману (водоносні горизонти в еолово-делювіальних відкладах середнього та верхнього плейстоцену вододільної рівнини, куяльницького ярусу і понтичного регіоярусу) складають близько $0,15 \text{ м}^3/\text{добу}$ на 1пм.

5. За даними багаторічних гідрогеологічних спостережень на ділянці пересипу, що примикає до Куяльницького лиману, режим ґрунтових вод визначається винятково їх гідравлічним зв'язком з морем і лиманом. За результатами розрахунків питомі припливи морських вод скрізь акумулятивну форму пересипу в лиман складають близько $0,11 \text{ м}^3/\text{добу}$ на 1пм.

6. Отримані на основі результатів гідрогеологічних спостережень розрахункові середні питомі витрати водоносних горизонтів дозволили оцінити сумарний обсяг складових підземного живлення Куяльницького лиману в 2016 – 2017 рр. З врахуванням отриманих нами раніше [6]

обсягів субаквального розвантаження водоносного горизонту у відкладах верхньо-сарматського підрегіоярусу верхнього міоцену і в залежності від довжини і площі водної поверхні лиману, середній річний загальний обсяг живлення Куяльницького лиману підземними водами в 2016 -2017 рр знаходився в діапазоні від $6,8 - 7,9 \text{ млн м}^3$. Такий обсяг живлення значно перевищує загальноприйняті $1 - 2 \%$.

7. При оцінці водного балансу Куяльницького лиману разом з традиційними чинниками формування його гідрологічного режиму (атмосферні опади, річковий і боковий стік, випар) необхідно враховувати просторово-часові зміни обсягів всіх складових підземного живлення лиману.

Автори висловлюють подяку співробітникам Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету імені І.І. Мечникова Піцику В.З., Абакумову О.М. за велику допомогу в облаштуванні дослідницьких свердловин і виконанні експедиційних досліджень, а також співробітнику Центру інженерних досліджень В.К. Проніну за допомогу в геодезичній прив'язці свердловин.

Література

1. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / В. В. Адабовский В. Н. Большаков, Е. Д. Гопченко ; отв. ред.: Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко ; Одесский гос. экологический ун-т. – Одесса : ТЭС, 2012. – 223 с.
2. Адабовский В.В., Богатова Ю.И. Особенности современного гидролого-гидрохимического режима Куяльницкого лимана и прогнозная оценка его составляющих в условиях возможного пополнения водоема морскими и пресными водами. *Український гідрометеорологічний журнал* 2013. №3. С.127-137.
3. Эннан А. А., Шихалеев И. И., Шихалеева Г. Н., Адобовский В. В., Кирюшкина А. Н. Причины и последствия деградации Куяльницкого лимана (северо-западное Причерноморье, Украина). *Вісн. Одес. нац. ун-ту. Хімія*. 2014. 19, вип. 3. С. 60-69.
4. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: Монографія / За ред.. Н. С. Лободи, Є. Д. Гопченка. Одеса : ТЕС, 2016. 332 с.
5. Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана. *Отчет о научно-исследовательской работе*. Под ред. Г.И. Швевса. Одесский государственный университет имени И.И. Мечникова. Одесса, 1995. 195 с.
6. Черкез Є.А., Медінець В.І., Тюреміна В.Г., Праведний В.М. Оцінка обсягів субаквального живлення Куяльницького лиману підземними водами. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 3-4 (28). В друці
7. Медінець В.І. Біологічні наслідки поповнення Куяльницького лиману морською водою з Одеської затоки / В.І. Медінець, Н.В. Ковальова, Н.В. Дерезюк, С.М. Снігірьов, Є.А. Черкез, С.В. Медінець, Є.І. Газетов // *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1-2 (27). С. 35-51.
8. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України. Навчальний посібник. Київ: Фірма «ІНКОС», 2009. 614 с.
9. Геология шельфа УССР. Лиманы / Молодых И.И., Усенко В.П., Палатная Н.Н. и др. – Киев: Наук. думка, 1984 – 176 с.

10. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в нарушенных условиях / Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др; Отв. ред. Шестопалов В.М.; АН УССР. Ин-т геологических наук. Киев : Наук. Думка, 1991. 528 с.
11. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Методы изучения водообмена / Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др; Отв. ред. Шестопалов В.М.; АН УССР. Ин-т геологических наук. Киев : Наук. Думка, 1991. 272 с.
12. Гончар Г.Я. Північно-західна частина Чорного моря – область розвантаження підземних вод. Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів в межах УРСР. Видавництво Київського університету. Вип. 5. 1972. С 91-96.
13. Гончар Г.Я. Гідродинамічні та гідрохімічні градієнти підземних вод північно-західного Причорномор'я. Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів в межах УРСР. Видавниче об'єднання «Вища школа». Вип. 8. Київ. 1975. С 67-73.
14. Гидрогеология. Под ред. В.М. Шестакова и М.С. Орлова. – М., Изд-во МГУ, 1984. 317 с.
15. Черкез Е.А., Шмуратко В.И., Вахрушев О.А. Ротационно-фильтрационная модель водного баланса Куяльницкого лимана. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції "Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення" 12-14 вересня 2012 р. Україна, м.Одеса. ОДЕКУ. 2012. С. 47 – 51.
16. Ротационная динамика и уровни воды Куяльницкого лимана и верхнесарматского водоносного горизонта / В.В. Додин, А.Р. Погосян, В.Н.Праведный, Е.А. Черкез, В.И. Мединец, О.А. Бунык // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції "Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний гідроекологічний стан, проблеми водного та екологічного менеджменту та шляхи їх вирішення" 1-3 жовтня 2014 р.– Одеса: ОДЕКУ, 2014.С. 75-77.
17. Семенов В.Г. Эксплуатационная разведка и переоценка запасов лечебно-столовых вод «Куяльник» Куяльницкого месторождения в Одесской области. Причорномор ДРГП, м.Одеса, 1999. 352 с.

References

1. Adabovskiy V.V., Bolshakov V.N., Gopchenko Ye.D. (2012). Aktualnye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya. [Urgent problems of estuaries in the north-western Black Sea region]. Odessa. 223 [in Russian].
2. Adabovskiy, V.V., Bogatova, Yu.I. (2014). Osobennosti sovremennogo gidrologo-gidrohimicheskogo rezhima Kuyal'nitskogo limana i prognoznaya otsenka ego sostavlyayuschikh v usloviyakh vozmozhnogo popolneniya vodoyoma morskimi i presnymi vodami [Features of modern hydrological and hydrochemical regime of the Kuyalnyk Estuary and forecast of its constituents under conditions of possible refilling of the water-body with marine or fresh water]. Ukrainian hydrometeorological magazine. 3. 127-137. [in Russian].
3. Ennan, A.A., Shikhaleeva, I.I., Adobovskiy, V.V., Kiryushkina, A.N.. (2014). Prichiny i posledstviya degradatsii Kuyal'nitskogo limana (severo-zapadnoe Prichernomor'ye, Ukraina). [Reasons and consequences of the Kuyalnyk Estuary degradation] Odessa National University Herald. Chemistry. 3. 60-69 [in Russian].
4. Loboda, N.S., Gopchenko, Ye.D. (2016). Vodnyi rezhim ta gidroekologichni kharakterystyky Kuyal'nitskogo lymanu. Monograph. [Water regime and hydroecological characteristics of the Kuyalnyk Estuary]. Odessa. 332 [in Ukrainian].
5. Shwebs, G.I. (1995). Geoekologicheskii analys situatsii i razrabotka schem meropriyatii po uluchsheniyu vodno-solevogo regima Kuyal'nitskogo limana. [Geoecological analysis of situation and development of water-salt regime of Kuyalnik estuary improvement actions]. Odessa State I.I. Mechnikov University: Odessa. 195 [In Russian].
6. Cherkez, Ye.A., Medinets, V.I., Tyuremina, V.G., Pravednyi, V.M. (2017). Otsinka obsyagiv subakvalnogo zhivlennya Kuyal'nitskogo lymanu pidzemnymi vodami [Estimation of volume of subaqueal inflow of groundwater into the Kuyalnyk Estuary]. Man and environment. Issues of neoecology. 3-4(28). In press. (in Ukrainian).
7. Medinets, V.I., Kovalova ,N.V., Derezyuk, N.V., Snigirov, S.M., Medinets, S.V., Gazyetov, Ye.I. (2017). Biologichni naslidky popovnennya Kuyal'nitskogo lymanu morskoyu vodoyu z Odeskoyi zatoky [Biological consequences of the Kuyalnyk Estuary refilling with marine water from Odessa Bay]. Man and environment. Issues of neoecology. 1-2(27). 35-51 [in Ukrainian].
8. Kamzist, Zh.S., Shevchenko, O.L. (2009). Hidrogeologiya Ukrainy. Navchalnyi posibnyk [Hydrogeology of Ukraine. Learning guide]. Kyiv. 614 [in Ukrainian].
9. Geologiya shelfa USSR. Limans (1984). Molodykh I.I., Usenko V.P., Palatnaya N.N. et al. [Geology of the shelf of Ukrainian SSR. Estuaries]. Kyiv. 176 [in Russian].
10. Vodoobmen v gidrogeologicheskikh strukturah Ukrainy: Vodoobmen v narushennykh usloviyakh (1991) Shestopalov V.M., Ognyanik N.S., Drobnohod N.I. et al. [Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine : Water exchange under damaged conditions]. Kyiv. 528. [in Russian].
11. Vodoobmen v gidrogeologicheskikh strukturah Ukrainy: Metody izucheniya vodoobmena (1991) Shestopalov

- V.M., Ognyanik N.S., Drobnokhod N.I. et al. [Water exchange in hydrogeological structures of Ukraine : Water exchange under damaged conditions]. Kyiv. 272. [in Russian].
12. Gonchar, G.Ya. (1972) Pivnichno-zakhidna chastyna Chornogo morya – oblast rozvantazhennya pidzemnykh vod [North-western Black Sea – area of groundwater discharge]. Geology of coast and bottom of the Black and Azov Seas within the Ukrainian SSR boundaries. Kyiv. 5. 91-96 [in Ukrainian].
 13. Gonchar, G.Ya. (1975) Gidrodinamichni ta gidrokhimichni gradiyenty pidzemnykh vod pivnichno-zakhidnogo Prichornomorya [Hydrodynamic and hydrochemical gradients of groundwater in the north-western Black Sea area]. Geology of coast and bottom of the Black and Azov Seas within the Ukrainian SSR boundaries. Kyiv. 8. 67-73 [in Ukrainian].
 14. Shestakov, V.M., Orlov, M.S. (1984). Gidrogeologiya. [Hydrogeology]. M. 317 [in Russian].
 15. Cherkez, Ye.A., Shmuratko, V.I., Vakhrushev O.A. (2012) Rotatsionno-filtratsionnaya model vodnogo balansu Kuyalnitskogo limana [Rotation and filtration model of the Kuyalnyk Estuary water balance]. Materials of all-Ukrainian scientific and practical conference “Estuaries of the north-western Black Sea area: urgent hydroecological problems and the ways to solve them”. Odessa. 47-51 [in Russian].
 16. Dodin, V.V., Pogosyan, A.R., Pravednyi, V.N., Cherkez, Ye.A., Medinets, V.I., Bunyak, O.A. (2014). Rotatsionnaya dinamika i urovni vody Kuyalnitskogo limana i verkhnesarmatskogo gorizonta. [Rotation dynamics and water levels of the Kuyalnyk Estuary and the Upper-Sarmatian Aquifer]. Materials of all-Ukrainian scientific and practical conference “Estuaries of the north-western Black Sea area: current hydroecological situation, problems of water and environmental management and the ways to solve them”. Odessa. 75-77 [in Russian].
 17. Semenov, V.G. (1999). Ekspluatatsionnaya razvedka i pereotsenka zapasov lechebno-stolovykh vod ‘Kuyalnik’ Kuyalnitskogo mestorozhdeniya v Odesskij oblasti [Working exploration and re-assessment of stock of medicinal and table water ‘Kuyalnyk’ of the Kuyalnitskoye deposit in Odessa region]. Report. PrichornomorDRGP. Odessa. 352. (In Russian).

Надійшла до редколегії 17.08.2017