

Хижко Н. С.<sup>1</sup>, студ. магістратури, Козлова Т. В.<sup>1</sup>, канд. геол.-мін. н., доц., зав. кафедри інженерної геології і гідрогеології, Милева А. П.<sup>2</sup>, мнс, Грузова І. Л.<sup>2</sup>, мнс, Лучишин В. Н.<sup>3</sup>, головний геолог

<sup>1</sup> Кафедра інженерної геології і гідрогеології, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Одеса, Україна

<sup>2</sup> Регіональний центр інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Одеса, Україна

<sup>3</sup> Управління інженерного захисту території міста та розвитку узбережжя, Одеса, Україна  
E-mail: nadiakhyzhko16@gmail.com

## ЕКОЛОГО-ГІДРОГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕНАЖНИХ ВОД ПРОТИЗСУВНИХ СПОРУД ОДЕСЬКОГО УЗБЕРЕЖЖЯ ECOLOGY-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DRAINAGE WATER OF ANTI-LANDSLIDE MEASURES AT THE ODESSA SEA COAST

У 1959 році був затверджений проект і в 1968 році було прийнято в експлуатацію комплекс закінчених протизсувних споруд першої черги на ділянці Ланжерон - Аркадія, протяжністю 6,2 км (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема I-ої черги протизсувних споруд Одеського узбережжя на ділянці Ланжерон - Аркадія [8]

Для перехоплення і відведення у море підземних вод четвертинного і понтичного водоносних горизонтів були передбачені дренажні споруди, які включають три основні елементи: 1 - лінійний ряд із 143 дренажних свердловин протяжністю біля 3300 м, які розташованих на відстані 20-35 м

одна від одної. Вони призначені для зниження рівня четвертинного водоносного горизонту і скидання води в дренажну галерею; 2 - дренажну галерею досконалого типу, протяжністю 5200 м яка пройдена в масиві корінних порід на контакті меотичних глин і понтичних вапняків і орієнтована паралельно береговій лінії і розташована на відстані 100-200 м від зсувного схилу; 3 - водовідвідні штольні, які орієнтовані по нормалі до берегової лінії і з'єднуються з галереєю в корінному масиві. Відстань між штольнями складає приблизно 1 км. Вони призначені для скидання в море дренажних вод двох водоносних горизонтів [9].

Портали штолень № 1, 2, 4, 5 і місця скидання з них дренажних вод в море розташовані на закритих територіях. Портал штольні СРЗ-2 і лоток, по якому дренажна вода зі штольні надходить в каналізаційний люк з подальшим скидом в море, знаходиться в напівзруйнованому стані.

Існуючий комплекс протизсувних заходів Одеського узбережжя перетворив прибережну зону моря в ланцюжок штучних басейнів різного ступеня ізолюваності, обгороджених траверсами і хвилеломами. Ці ізолювані ділянки моря є водоприймачами підземних дренажних та зливових вод, що призводить до зміни і погіршення якісного складу морських вод прибережної зони м. Одеси [7].

В останні роки, у зв'язку з підвищенням ролі м. Одеси як найбільшого морського курорту України питання про вплив берегових антропогенних джерел на якість морських вод Одеського узбережжя набуло особливої актуальності.

Враховуючи вищевикладене, визначення гідрогеохімічного складу і концентрації біогенних речовин дренажних вод зі штолень і пов'язаних з ними особливостей формування складових підземного стоку за даними багаторічних спостережень являє актуальну задачу і має теоретичне і практичне значення для уточнення екологічних оцінок дренажних вод та штучних басейнів прибережної зони.

*Мета роботи* виявити просторові та часові особливості зміни еколого-гідрогеохімічних характеристик дренажних вод у межах першої черги протизсувних споруд Одеського узбережжя Чорного моря.

Для вивчення еколого-гідрогеохімічної характеристики дренажних вод була узагальнена та систематизована розрізнена інформація за період 1861-1994 рр. [1, 2]. У 2018-2019 році були проведені щомісячні польові вимірювання геохімічних характеристик дренажних вод (температура води, електропровідність та показник рН) та відбір проб для лабораторного визначення геохімічного складу дренажних вод і концентрації біогенних речовин (фосфати, нітрати, нітрیتی, амоніти). Лабораторні визначення геохімічного складу дренажних вод були проведені за загально прийнятими методиками [6] в лабораторії РЦІМЕД ОНУ ім. І. І. Мечникова. Статистична обробка фактичних даних була проведена в програмних пакетах Microsoft Excel, Statistica.

За результатами польових щомісячних випробувань 2018-2019 рр. визначено, що температура дренажних вод змінюється в межах від 14,2 °С до 28,5 °С, рН від 7,3 до 8,35, електропровідність від 2,02 mSm до 5,01 mSm.

За результатами лабораторних досліджень 1861-2019 рр. визначено значне коливання кількісного вмісту у скидних водах дренажних штолень наступних іонів: *гідрокарбонат іон* ( $\text{HCO}_3$ ) - 183 мг/дм<sup>3</sup> до 519 мг/дм<sup>3</sup>; *сульфат іон* ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) - 656,2 мг/дм<sup>3</sup> до 2724 мг/дм<sup>3</sup>; *хлорид іон* ( $\text{Cl}^-$ ) - 90,8 мг/дм<sup>3</sup> до 2643 мг/дм<sup>3</sup>; *кальцій іон* ( $\text{Ca}^{2+}$ ) - 68 мг/дм<sup>3</sup> до 660 мг/дм<sup>3</sup>; *магній іон* ( $\text{Mg}^{2+}$ ) - 61 мг/дм<sup>3</sup> до 572 мг/дм<sup>3</sup>; *натрій іон* ( $\text{Na}^+$ ) - 108 мг/дм<sup>3</sup> до 1366 мг/дм<sup>3</sup>; *амоній  $\text{NH}_4^+$*  - 0,002 мг/дм<sup>3</sup> до 5 мг/дм<sup>3</sup>; *нітрити  $\text{NO}_2$*  - 0,0009 мг/дм<sup>3</sup> до 0,725 мг/дм<sup>3</sup>; *нітрати  $\text{NO}_3$*  - 12,614 мг/дм<sup>3</sup> до 3205 мг/дм<sup>3</sup>.

За допомогою графіків-трикутників Ферре проаналізовано трансформацію хімічного типу дренажних вод по 7 штольням у період 1861-2019 рр. Результати досліджень представлені в таблиці 1.

**Таблиця 1**

Трансформація хімічного типу дренажних вод протягом 1861-2019 рр.

Роки	Катіонний склад	Аніонний склад
1861-1917	Кальцієво-магнієвий	Хлоридно-сульфатний
1947	Магнієво-кальцієвий	Сульфатний
1950-ті	Магнієво-натрієвий Змішано-натрієвий	Сульфатний
1960-ті	Натрієво-змішаний	Змішано-сульфатний
1970-ті	Змішано-натрієвий	Змішано-сульфатний
1980-ті	Натрієво-змішаний	Змішано-сульфатний
1990-ті	Магнієво-змішаний	Змішано-сульфатний
2018-2019	Змішаний	Сульфатний

Аналіз багаторічного складу дренажних вод свідчить про те що:

- хімічний тип дренажних вод не залежить від місця розташування штолень;
- аніонний склад дренажних вод за 158 років поступово змінювався: хлоридно-сульфатний (1861-1917 рр.), сульфатний (1947-1950 рр.), змішано-сульфатний (60-, 70-, 80-, 90-ті рр.), змішаний (2018-2019-ті рр.);
- катіонний склад дренажних вод за 158 років поступово змінювався: кальцієво-магнієвий (1861-1917 рр.), магнієво-кальцієвий (1947 р.), магнієво-натрієвий (1950-ті рр.), змішано-натрієвий (1960-1980 рр.), змішано-магнієвий (90-ті рр.), змішаний (2018-2019-ті рр.).

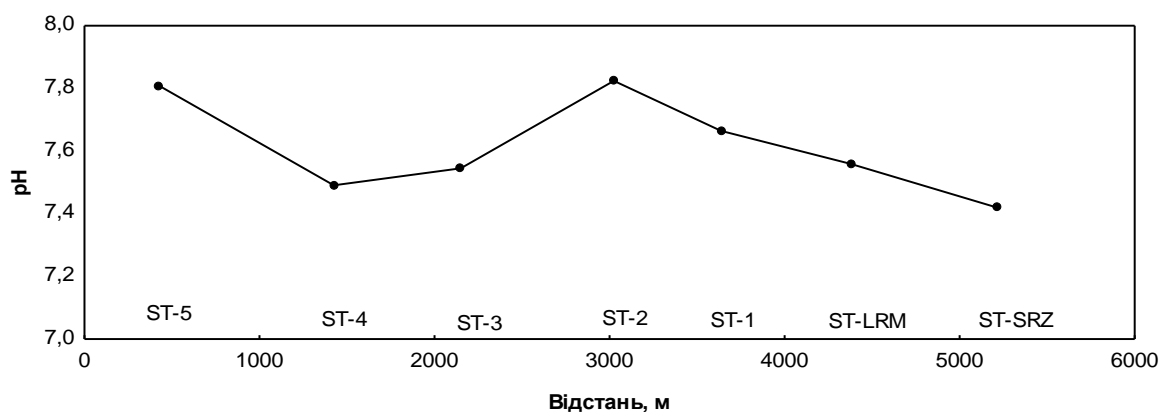
Наведена вище трансформація хімічного типу дренажних вод може бути пов'язана з різними умовами існування узбережжя протягом 1861-2019 рр., так в період 1861-1950 на ньому активно відбувались глибокі зсуви видавлювання, тому аніонний склад є сульфатним, хлоридно-сульфатним (зсувні породи в більшій мірі складаються з лесовидних суглинків, що містять багато водорозчинних солей).

1960-1990 рр. це період існування схилу в умовах роботи дренажної системи та активної роботи промисловості, тому аніонний склад є сталим – змішано-сульфатний, а катіонний склад є переважно змішано-натрієвим (натрій надходить в природні води з господарсько-побутовими і промисловими стічними водами [3]).

2000-чні рр. це період існування схилу в умовах роботи дренажної системи та зупинки роботи промисловості, катіонний склад змішаний, а аніонний – сульфатний (джерелом сульфат-іону в скидних водах дренажних штолень може бути гіпс, який міститься в лесових суглинках і червоно-бурих глинах в вигляді кристалів і їх агрегатів, а також стічні води комунального господарства [10]).

Нами також був здійснений просторово-часовий аналіз мінералізації і водневого показника (рН) дренажних вод. Від рН залежить розвиток та життєдіяльність водних організмів, форма існування у воді цілого ряду хімічних сполук, корозійна активність води відносно металів та бетону тощо.

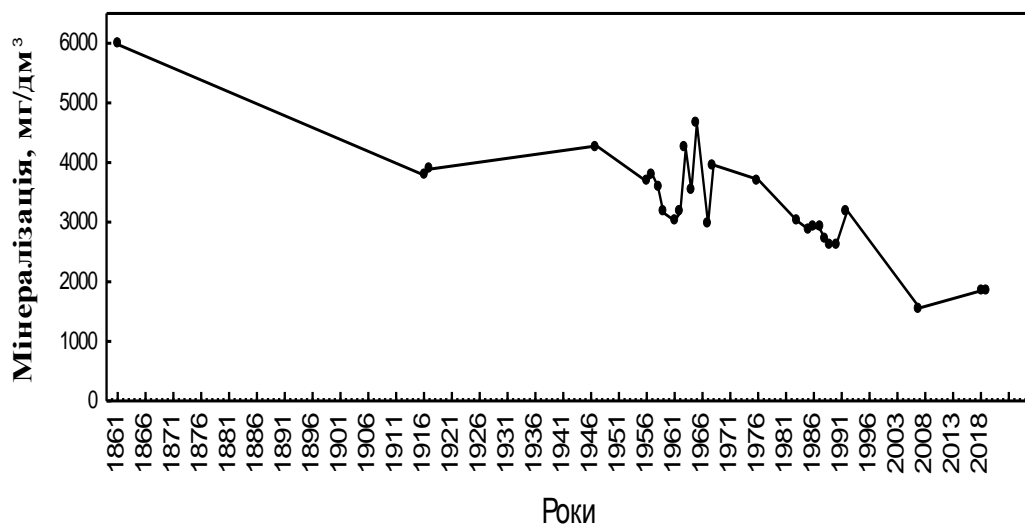
Аналіз зміни рН в часі показав трансформацію реакції води в дренажних водах: нейтральна (1960-1980 рр.); слабко лужна (1980-1990 рр.); нейтральна (1990-2013 рр.); слабко лужна (2014-2019 рр.). При цьому значення водневого показника на всьому досліджуваному інтервалі часу знаходилися в межах (рН = 6-9) гранично допустимої концентрації речовини у воді водойми, що використовується для рибогосподарських цілей (ГДКвр) [5]. Варто зазначити, що значення рН дещо відрізняється, в залежності від місцезнаходження штолень (рис. 2).



**Рис. 2.** Величина водневого показника (рН) в скидних водах дренажних штолень I протизсувного комплексу (середнє значення за період 1964-2019 рр.)

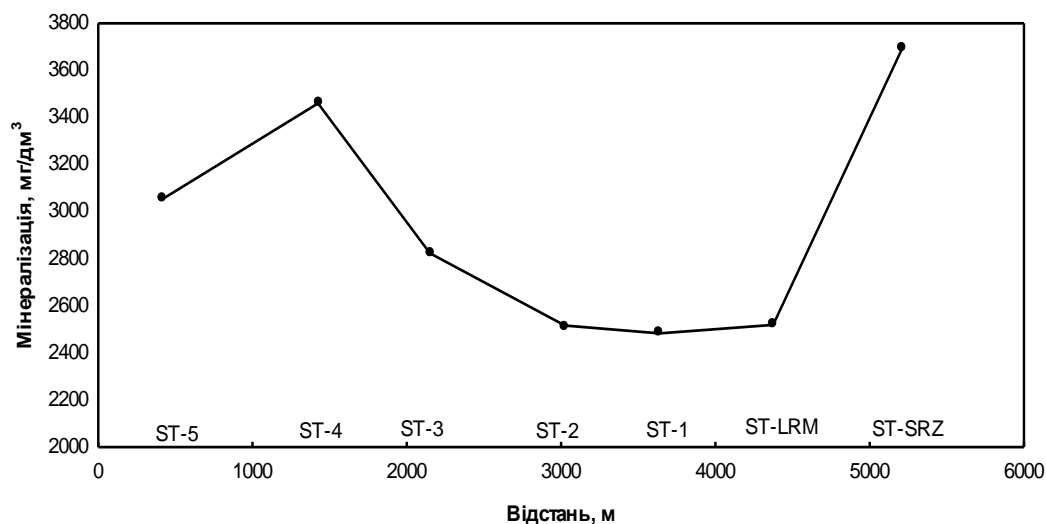
Так в штольнях SRZ та №4 вода за рН є нейтральною (рН=6,5-7,5), тоді як у всіх інших штольнях вона слабо лужна (рН=7,5-8,5). Це може бути пов'язано з концентрацією гідрокарбонат-іона, який має такий самий просторовий розподіл як і рН. Адже за наявності у воді іонів деяких лужних металів ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) та аніонів слабких кислот ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{S}^-$ ,  $\text{H}_2\text{B}_6\text{O}_3^-$ ,  $\text{HSiO}_4^-$ ) виникає гідроліз цих аніонів, що призводить до розкладання води і зв'язування іона  $\text{H}^+$  у сполуку, яка слабо дисоціює. Активність іона  $\text{OH}^-$  стає більшою, ніж активність  $\text{H}^+$ . Оскільки в природних водах серед аніонів слабких кислот переважає іон  $\text{HCO}_3^-$ , то вважається, що лужність природних вод зумовлюється здебільшого гідролізом карбонатних іонів [11].

Аналіз часової зміни мінералізації дренажних вод (рис. 3) показав, що максимальні значення мінералізації спостерігались в 1860-х та 1960-х рр., а мінімальні – в 2000-х рр. Загалом дренажні води за усі досліджені роки відносилися до солонуватих. Зменшення мінералізації в часі пов'язане зі зменшенням концентрації всіх макрокомпонентів дренажних вод і свідчить про поступове їх опріснення.



**Рис. 3.** Мінералізація дренажних вод (середньорічні значення по штольням I протизсувного комплексу)

Встановлено, що найбільші значення мінералізації спостерігаються в штольнях № 5, 4, SRZ (рис. 4), ця закономірність спостерігається протягом всіх досліджених років і ймовірно зумовлена геологічною будовою та геоморфологією узбережжя.

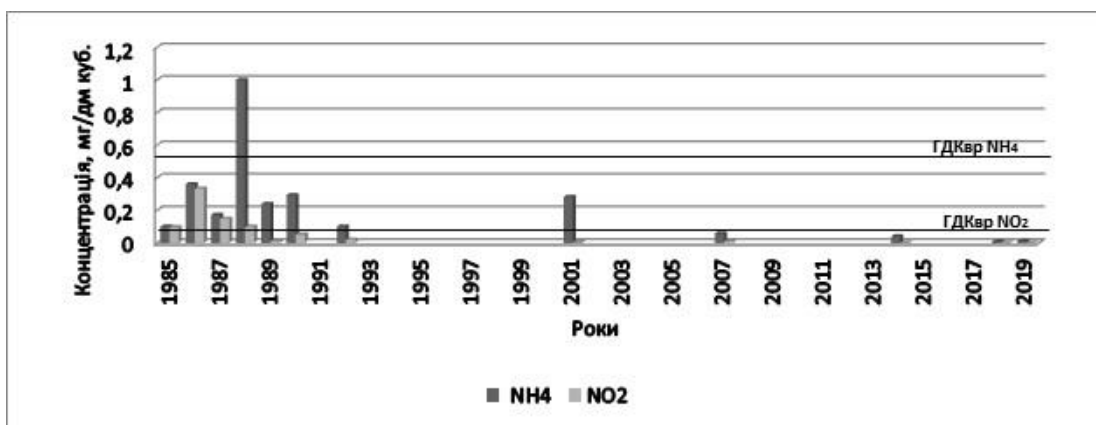


**Рис. 4.** Мінералізація скидних вод дренажних штолень I протизсувного комплексу (середнє значення за період 1964-2019 рр.)

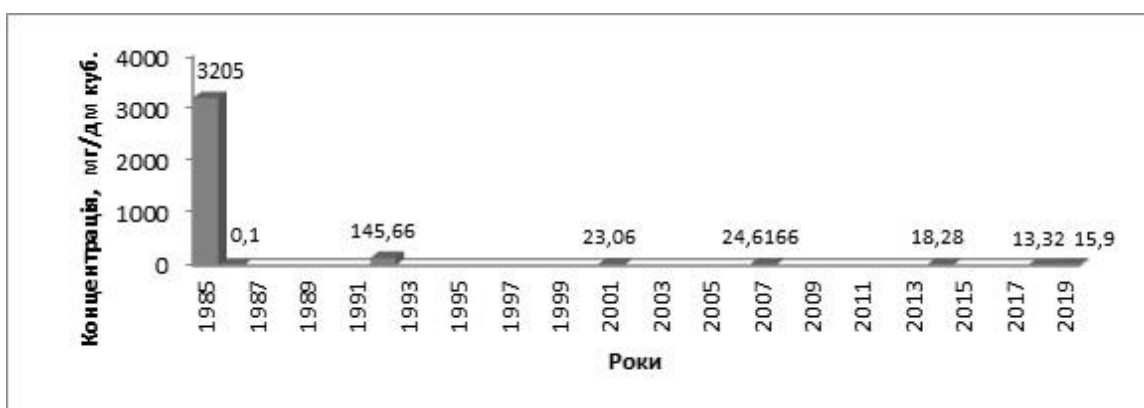
### ***Екологічна характеристика стану дренажних вод***

Біогенні речовини відносяться до найважливіших показників якості та стану водної екосистеми і визначають ступінь забруднення.

Аналіз вмісту біогенних речовин (нітратів, нітритів та амонію) в скидних водах на протязі 1964 -2019 рр. по даним [1, 4] і власним дослідженням показав, що вміст амонію, нітритів і нітратів перевищував ГДКвр переважно у 80-ті роки минулого століття (рис. 5, 6), а вміст нітратів перевищував норму ще і в 1992 році. Слід звернути увагу, що загалом у 90-ті роки минулого століття (окрім 1992 р.) і перші десятиліття двадцять першого століття вміст всіх біогенних речовин знаходився в нормі та не перевищував ГДКвр.



**Рис. 5.** Динаміка вмісту нітритів (NO<sub>2</sub>) і амонітів (NH<sub>4</sub>) в скидних водах дренажних штолень I протизсувного комплексу (середнє значення по штольням за період 1964-2019 рр.)



**Рис. 6.** Динаміка вмісту нітратів (NO<sub>3</sub>) в скидних водах дренажних штолень I протизсувного комплексу (середнє значення за період 1964-2019 рр.)



## **Висновки**

На підставі власних досліджень 2018-2019 рр. і систематизації розрізненої інформації за період 1861-1994 виявлена просторова та часова особливість еколого-геохімічних характеристик дренажних вод у межах першої черги протизсувних споруд Одеського узбережжя Чорного моря (Ланжерон-Аркадія). Встановлено, що дренажні води характеризуються зменшенням в часі мінералізації (опрісненням) и поступовою трансформацією хімічного типу води за розглянутий період. Це може бути пов'язане як з проявом зсувних явищ (глибокі зсуви видавлювання) які відмічалися до будівництва протизсувних споруд, так і з антропогенними факторами, які змінюють умови живлення понтичного водоносного горизонту.

Встановлено, що протягом всіх досліджених років найбільші значення мінералізації спостерігалися в штольнях № 5, 4, SRZ 4, що ймовірно зумовлено геологічною будовою та геоморфологією узбережжя.

Аналіз часової динаміки вмісту біогенних речовин (нітратів, нітритів та амонію) в скидних водах дренажних штолень показав, що вміст амонію, нітритів і нітратів перевищував ГДКвр у 80-ті роки минулого століття, а вміст нітратів перевищував норму ще і в 1992 році. Слід звернути увагу, що у 90-ті роки минулого століття і перші десятиліття двадцять першого століття вміст всіх біогенних речовин знаходився в нормі та не перевищував ГДКвр.

Незважаючи на те що проведені дослідження показали поліпшення якості дренажних вод Одеського узбережжя у межах ділянки Ланжерон-Аркадія для встановлення контролю над якістю дренажних вод слід відновити інструментальні спостереження за дебітом та здійснювати регулярний відбір проб води на хімічний і мікробіологічний аналіз.

Дослідження виконано в рамках НДР «Дослідження інженерно-геодинамічного стану прибережних зсувних схилів Чорного моря та впливу природних и антропогенних факторів», яка фінансувалася Міністерством освіти і науки України.

## Література

1. Архівні матеріали за 1968 – 1992 рр. Управління інженерного захисту території міста та розвитку узбережжя Одеської міської ради. м. Одеса.
2. **Баландин Ю. Г.** Об изменении химического состава вод и дебитов источников понтического водоносного горизонта Одесского побережья за период с 1861 по 1965 г./ Ю. Г. Баландин, И. Н. Крыжановская // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. – Изд. во: Киевского ун-та, 1968. – С. 137-142.
3. **Беспамятнов Г. П.** Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде/ Г. П. Беспамятнов, Ю. А. Кротов; Справочник.— Л.: "Химия", 1985. - 528 с.
4. **Дятлов С. Е.** Токсикологическая характеристика дренажных и ливневых вод одесского побережья/ С. Е. Дятлов, А. В. Кошелев, В. В. Адобовский и др. // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. - 2015. - № 3-4. - С. 203-207.
5. Нормативи гранично допустимих концентрацій основних забруднюючих речовин у внутрішніх морських водах та територіальному морі України / Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення: затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 29 лютого 1996 р. № 269 (із змінами і доповненнями в редакції від 26.12.2015 р.). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/269-96-%D0%BF> (дата обращения: 30.08.2017).
6. Острів Зміїний. Інформаційні джерела : монографія / В. А. Сминтина [та ін. ] ; авт.-уклад. В. В. Самодурова [та ін.]; відп. ред.: М. О. Подрезова; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. - О.: Астропринт, 2008. - 390 с.: кольор. іл. - (Острів Зміїний. Науковий проект. Монографії). - Бібліогр: с. 47-133. - 300 прим. - ISBN 978-966-190-058-4 (проект). - ISBN 978-966-190-059-1
7. **Тучковенко Ю. С.** Оценка влияния береговых антропогенных источников на качество вод Одесского района северо-западной части Черного моря/ Ю. С. Тучковенко, В. А. Иванов, О. Ю. Сапко; монографія / Морской гидроф. ин-т НАН Украины; Одесский гос. экол. ун-т. Севастополь: НПЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. 169 с.
8. **Черкез Е. А.** Закономерности формирования и развития оползневых процессов на территории Северного Причерноморья / Е. А. Черкез, С. Н. Шаталин // Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы): в двух томах / Г. И. Рудько, В. А. Осюк, С. В. Беда и др.; под ред.: Г. И. Рудько, В. А. Осюк. – Киев; Черновцы: Букрек, 2012. – Т.2. – С. 232 -340.
9. **Черкез Е. А.** Инженерная геодинамика оползневых склонов Одесского побережья после осуществления противооползневых мероприятий / Е. А. Черкез, Т. В. Козлова, В. И. Шмуратко // Вісник ОНУ. Географ. і геол. науки. – Одесса, 2013. – Т. 18. – Вып. 1 (17). – С. 15-25.
10. Экологический мониторинг/ под ред. Т. Я. Яшихминой.- М.: Академический проект, 2006.- 407 с.
11. **Хільчевський В. К.** Основи гідрохімії : підручник / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К. : Видавництво «Ніка-Центр», 2012. – 312 с.

## Summary

*On the basis of own researches of 2018-2019 and systematization of disparate information for the period 1861-1994 was revealed the spatial and temporal feature of ecological-geochemical characteristics of drainage waters within the first stage of anti-landslide measures of the Odessa Black Sea coast (Langeron-Arcadia). It is established that drainage waters are characterized by*

*a decrease mineralization in the time (desalination) and a gradual transformation of the chemical type of water over the considered period. This could be due to both manifestation of landslide processes, which were observed before the construction of anti-landslide protection measures, and anthropogenic factors that change the feeding conditions of the Pontic aquifer.*

*It was found that during all the studied years the highest mineralization values were observed in the adits № 5, 4, SRZ, which is probably due to the geological structure and geomorphology of the coast.*

*The analysis of the temporal dynamics of the content of biogenic substances (nitrates, nitrites, and ammonium) in the wastewater of the drainage adits showed that the content of ammonium, nitrites and nitrates exceeded the MPC mainly in the 80s of the last century, and the content of nitrates exceeded the norm even in 1992. It should be noted that in the 1990s (except 1992) and the first decades of the twenty-first century, the content of all biogenic substances was normal and did not exceed the MPC.*

*Although studies have shown improvements in the quality of drainage waters of the Odessa coast within the Langeron-Arcadia section, to establish control over the quality of drainage water, instrumental monitoring of the flow debit should be restored and regular sampling of water for chemical and microbiological analysis.*