

УДК 911.52

**В. П. ВОРОВКА**, канд. геогр. наук, доц.  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
просп. Академіка Глушкова, 2, м. Київ, Україна  
e-mail: geofak\_mgpu@ukr.net

## ХЕМОГЕННІ ПРОЦЕСИ У ПРИАЗОВСЬКІЙ ПАРАДИНАМІЧНІЙ ЛАНДШАФТНІЙ СИСТЕМІ

**Мета.** Аналіз основних біогенних процесів хемогенного походження, які відбуваються у прибережній смузі моря у визначених межах Приазовської парадинамічної ландшафтної системи, на головних контактних межах «вода-повітря», «вода-дно», «вода-суша». **Результати.** Розглянуті процеси сольового обміну, міграції біогенів та газообміну. Виявлено, що хемогенні процеси є неодмінною складовою усього різноманіття взаємодій у прибережній смузі моря та важливі для процесів її функціонування. Проаналізовані процеси аерозольного виносу хімічних елементів та солей з поверхні моря на сушу і навпаки атмосферними приземними потоками. Розглянуто особливості насичення повітря морськими солями з поверхні спокійної води, а також особливості еолового перенесення кристалів солей з дна висохлих водойм. Приділена увага особливостям перенесення забруднювальних речовин, зокрема в межах морських портів. **Висновки.** Хемогенні процеси у прибережній смузі моря визначають специфіку її структури, функціонування та результат, що проявляється у формуванні особливостей ландшафтних комплексів – зволоження, засолення, хемогенної міграції речовин, лікувальних властивостей приморського повітря, високі показники біопродуктивності.

**Ключові слова:** хемогенні процеси, парадинамічна ландшафтна система, контактні межі, сольовий обмін, хімічна міграція біогенних речовин, газообмін

Vorovka V. P.

Taras Shevchenko National University of Kyiv

### CHEMOGENIC PROCESSES IN THE AZOV PARADYNAMIC LANDSCAPE SYSTEM

The Azov paradyamic landscape system is characterized by an extraordinary variety of processes and phenomena of interaction between contact contrast media. One of the groups of such processes is chemogenic. Their diversity within the Priazov Paradyamic landscape system is extremely high on land, in the water area of the sea and in the “water-air”, “water-bottom”, “water-land” contact strips. In this regard, the role of chemogenic processes in the course of modern coastal processes and the formation of landscapes of the coastal zone of the sea is significant. They also determine the specifics of many parameters of the Priazov Paradyamic Landscape System. **Purpose.** The article discusses processes of chemogenic origin occurring in the coastal zone of the sea within boundaries of the Azov Sea paradyamic landscape system. Most of these processes are taking place at the main contact borders like “water-air”, “water-bottom”, and “water-land”. **Results.** The processes of salt exchange, migration of biogens and gas exchange are considered. It was revealed that chemogenic processes are an essential component of the entire variety of interactions in the coastal zone and are important for its functioning. The processes of aerosol transport of chemical elements and salts from the sea surface onto land and vice versa by atmospheric land-surface flows were analyzed. Characteristics of air saturation with marine salts from the surface of calm water and characteristics of aeolian transfer of salt crystals from the bottom of dried-up bodies of water were considered. The article also pays attention to the features of transfer of pollutants, in particular within seaport areas. **Conclusions.** Chemogenic processes in the coastal zone define its specific structure, functioning and the result thus being manifested in the development of characteristics of landscape systems such as humidification, salinity, chemogenic migration of substances, healing properties of sea air, high rates of biological productivity.

**Keywords:** chemogenic processes, paradyamic landscape system, contact borders, salt exchange, migration of biogenic substances, gas exchange

Воровка В. П.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

### ХЕМОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРИАЗОВСКОЙ ПАРАДИНАМИЧЕСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЕ

**Цель.** Анализ основных биогенных процессов хемогенного происхождения, которые происходят в прибрежной полосе моря Приазовской парадинамической ландшафтнoй системы на главных контактнoх рубежах «вода-воздух», «вода-дно», «вода-суша». **Результаты.** Рассмотрены процессы солевого обмена, химической миграции биогенных веществ и газообмена. Вывявлено, что хемогенные процессы являются

© Воровка В. П., 2017

обязательной составляющей частью всего разнообразия взаимодействий в прибрежной полосе моря и важные для процессов её функционирования. Проанализированы процессы аэрозольного выноса химических элементов и солей с поверхности моря и наоборот атмосферными приземными потоками. Рассмотрены особенности насыщения воздуха морскими солями со спокойной водной поверхности, а также особенности эолового переноса солевых кристаллов со дна высохших водоемов. Уделено внимание особенностям переноса загрязняющих веществ, в частности в пределах морских портов. **Выводы.** Хемогенные процессы в прибрежной полосе моря определяют специфику её структуры, функционирования и результат в виде формирования особенностей ландшафтных комплексов – увлажнения, засоления, хемогенной миграции веществ, лечебных свойств приморского воздуха, высоких показателей биопродуктивности.

**Ключевые слова:** хемогенные процессы, парадинамическая ландшафтная система, контактные границы, солевой обмен, химическая миграция биогенных веществ, газообмен

### Вступ

Постановка проблеми. Приазовська парадинамічна ландшафтна система характеризується надзвичайною різноманітністю процесів і явищ взаємодії між контактними контрастними середовищами. Одну з груп таких процесів становлять хемогенні. Їх різноманітність в межах Приазовської парадинамічної ландшафтної системи надзвичайно велике на суші, в акваторії моря та на контактних смугах «вода-повітря», «вода-дно», «вода-суша». У зв'язку з цим роль хемогенних процесів у ході сучасних берегових процесів та формуванні ландшафтів прибережної смуги моря значна. Вони ж визначають специфіку багатьох параметрів Приазовської парадинамічної ландшафтної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головні завдання з геохімічного дослідження Азовського моря та його басейну були сформульовані В.І. Вернадським ще у 1925 році [5]. Проблема хемогенних взаємодій у ландшафтах прибережної смуги моря географами приділено недостатньо уваги. Більшість географічних досліджень присвячено динаміці абіогенних та біоген-

них речовин у прибережній смузі моря (Ю.Д. Шуйський, Г.В. Вихованець, О.В. Давидов). Серед географів, які досліджували особливості хемогенних взаємодій в Азовському морі та зоні взаємного впливу, виокремлюються праці А.М. Бронфмана, Л.О. Беспалової, О.В. Івлієвої, Ю.М. Гаргопи, С.В. Берднікова. Найбільш детальні дослідження хемогенних взаємодій у прибережній смузі Азовського моря виконані науковцями Інституту біології південних морів (Севастополь, Одеса), Південного наукового центру РАН.

Постановка завдання. Хемогенні взаємодії у Приазовській парадинамічній ландшафтній системі є неодмінною складовою формування і функціонування ландшафтних комплексів у її межах. Географічний аналіз таких взаємодій є важливим. Основним завданням даної статті є аналіз основних біогенних процесів, які відбуваються на суші, в акваторії моря та на контактних смугах «вода-повітря», «вода-дно», «вода-суша».

### Результати дослідження

Трансформаційні процеси хімічної природи доповнюють різноманітність фізичних взаємодій у прибережній смузі моря і є не менш важливими для функціонування приморської парадинамічної ландшафтної системи. Вони суттєво впливають на хід та інтенсивність взаємодії моря та суші, регулюють біопродуктивність, біорізноманітність та самоочисну здатність системи тощо. Серед хімічних процесів слід виділити сольовий обмін, міграцію біогенів та газообмін.

Хімічна взаємодія моря і суші у першу чергу пов'язана з виносом хімічних елементів та солей з поверхні моря та зони прибою на сушу і навпаки [1, 2, 4, 6, 7]. Цей процес

відбувається переважно завдяки повітряній (аеральній) міграції. Сумарне геохімічне навантаження атмосферних потоків визначається аерозолями різних розмірів – від іонів та агрегатів молекул до частинок з кількісним переважанням частинок Айтмена (0,1 мкм). Масова перевага – на боці більш крупних частинок. Серед природних іонів найбільш поширеними у міграційних потоках «суша-море» є  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Цей процес характеризується глобальним виміром, оскільки навіть над поверхнею Тихого океану на висоті 2 км співвідношення континентальних ( $\text{SO}_4\text{Cl}$ ) та морсь-

ких ( $\text{SO}_4\text{Na}$ ) іонів на порядок вище за морську воду [3].

Надходження більшості хімічних речовин з суші в морську акваторію відбувається з еоловим перенесенням та річковим стоком. З вітровою циркуляцією надходять в основному хімічні речовини у вигляді транспіраційних солей, продуктів атмосферних викидів промислових підприємств та автотранспорту [9, 11, 13].

У межах прибережної смуги моря Керченського Приазов'я хемогенні процеси пов'язані з хімічним вилуговуванням мішанкових вапняків. Хімічна абразія відбувається досить повільно, зі швидкостями 0,5-2 мм/рік, однак за тривалий період часу сформувалися специфічні форми берегового рельєфу у вигляді раковин, ніш та ін., добре виражених на мисах півострова Казантип, мисів Генеральських пляжів, Зюк, Хроні.

Сольовий обмін є одним з основних хімічних процесів взаємодії моря та суші, результатом якого є переміщення солей в обох напрямках завдяки водним та вітровим потокам. З річковим стоком в акваторію Азовського моря надходить близько 15 млн. т солей, а з атмосферним перенесенням – понад 760 тис. т. Хімічний склад солей подібний між собою.

З моря на сушу солі виносяться з морським прибоєм, розпиленням соляної плівки з поверхні води та при еоловому видуванні з понижених засоленних приморських ділянок. Випаровування розпиленої морської води внаслідок прибою супроводжується поповненням атмосферного потоку порівняно крупними аерозольними частинками

хлоридного складу, час перебування яких у повітрі досить короткий. Їх поширення углиб суші відбувається на відстань до кількох кілометрів і залежить від особливостей прибережного рельєфу суші та шорсткості поверхні.

Насичення повітря морськими солями відбувається і з поверхні спокійної води – внаслідок розпилення солей бульбашками розчинених у воді газів. Це довели Макінтайр та Бланчард шляхом експериментального моделювання на установці «мікроокеан» та швидкісної фотозйомки. Процес супроводжується надходженням в атмосферу мікрокрапель розміром 0,001-0,01 мм (переважно іони  $\text{Cl}^-$  та  $\text{Na}^+$ ) після розриву стінки бульбашки та великих крапель діаметром 0,1 мм. Разом з краплями у повітря переноситься позитивний електричний заряд (позначений на рис. знаком «+»), іонізуючи його і тим самим надаючи цілющих властивостей приморському повітрю. Вода у повітрі випаровується, а солі включаються в атмосферне перенесення і є складовими переносу морських солей з моря на сушу на відстань у десятки кілометрів та на висоту від кількох десятків сантиметрів до 1 км [3]. Насичення повітря іонами з поверхні моря створює концентрацію солей у 8-10 мг/л, які випадають з високомінералізованими морськими опадами переважно у прибережних районах.

Інтенсивне винесення морських солей углиб суші відбувається при тривалому пониженні рівня води у мілководних прибережних лагунах. У такі періоди (переважно

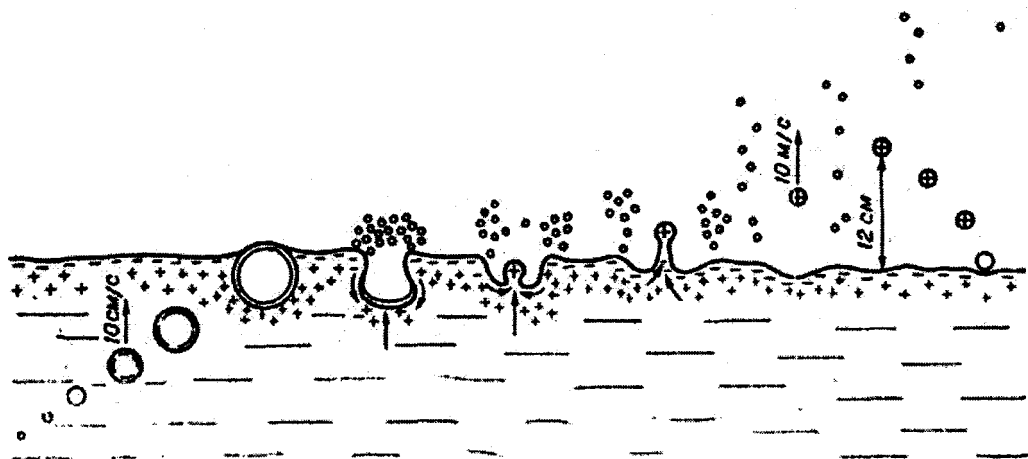


Рис. Процес надходження морських солей у повітря з бульбашками газів [5]

березень-квітень і липень-вересень) донні сольові відклади звільняються від води, а частина солей відкладається на сухій рослинності у вигляді дрібних кристалів. Максимальна відстань, на яку виносяться солі, очевидно, рівна середній відстані дії бризових вітрів і становить 45-50 км. При сильних і стійких вітрах південних, південно-східних і південно-західних румбів ця відстань значно збільшується, але залежить не тільки від сили вітру, а й від особливостей рельєфу суші: по річкових долинах, балково-яружних системах та інших пониженнях рельєфу така міграція більш інтенсивна.

Якщо з моря на сушу надходять переважно хлористі сполуки, то з суші у море – карбонатні. За вмістом катіонів у воді переважає кальцій, рідше – магній і натрій. У хімічному складі річкового стоку переважають  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  та  $\text{Ca}$ . У зв'язку з високою долею річкового стоку хімічний склад води Азовського моря порівняно з океанічними водами має більший вміст карбонатів. Це є одним з факторів підвищеної біопродуктивності акваторії, зокрема молосків [10].

Перенесення забруднювальних речовин у Приазовській парадинамічній ландшафтній системі відбувається вітровими та водними потоками переважно в одному напрямі – з суші у море. Це пов'язано з поширенням інтенсивної антропогенної діяльності саме в межах суші. Зворотній вплив значно менший і спричинений викидом забруднюючих речовин (переважно нафтопродукти) у прибічну смугу внаслідок аварій в акваторії. Джерелами надходження антропогенних забруднень є річковий стік, атмосферне випадіння, звалища промислових та твердих побутових відходів у прибережній смузі, суднопластво. Висока інтенсивність антропогенних навантажень пов'язана з кількома факторами: особливостями природних умов, незначними розмірами та мілководністю моря, ізольованістю акваторії, значними атмосферними викидами і стоками. З аерозолями та річковим стоком в морську акваторію щороку надходить 637,9 тис. т антропогенних забруднень. Основна їх маса надходить з повітря (53,1%) та з річковими стоком (27,8%). Особливість антропогенних забруднень Азовського моря полягає у приуроченості окремих компонентів до джерел їх надходження: у твердому

стоці переважають вуглисті та вуглистографітові викиди (57,6% від загального обсягу), в аерозолях переважають рудні (62,0%) та сажеві (51,7%) частинки, нафтопродукти (61,2%), лакофарбові речовини (82,4%) [8].

За генезисом антропогенні забруднення поділяються на чотири групи – металургійні, побутово-комунальні, судноплавні та рекреаційні. Ними найбільше забруднені прибіжно-пляжеві зони, особливо у безпосередній близькості до міст, селищ та в місцях розвантаження уздовжберегових потоків – в затоках, дистальних частинах кіс, западинах. Поширення відкладів техногенного походження властиве для усієї акваторії завдяки її незначним розмірам, але найбільші їх концентрації у донних відкладах характерні для зони впливу промислових та рекреаційних центрів, морських портів Маріуполя, Бердянська і Генічеська.

В зоні Маріуполя інтенсивна техногенна седиментація пов'язана зі значним вмістом техногенних і побутово-комунальних скидів у стоку Кальміусу з Кальчиком, зі значними атмосферними викидами металургійних комбінатів ім. Ілліча та «Азовсталі» разом з їх сателітами та складуванням металургійних шлаків у прибережній смузі моря. Значна доля забруднень пов'язана з діяльністю Маріупольського морського порту. Тут у донних відкладах переважають рудні, вуглисті, вуглистографітові, графітові частинки та нафтопродукти.

В зоні впливу Бердянська переважають судноплавні, побутово-комунальні та рекреаційні антропогенні забруднення. Судноплавні пов'язані з діяльністю Бердянського морського порту, побутово-комунальні – з функціонуванням приморського міста та його розміщенням у затоці. Рекреаційні забруднення спричинені діяльністю Бердянського рекреаційного вузла. Графітові відклади на дні пов'язані з розробкою покладів графіту у нижній частині течії Берди.

Морський порт Генічеськ є «найчистішим» серед портів Азовського моря у зв'язку зі значно меншою кількістю викидів і скидів та завдяки інтенсивному промислому режиму його акваторії через розміщення у протоці Тонкій, що сполучає затоку Сиваш з акваторією моря.

### Висновки

Таким чином, сукупність хемогенних процесів та явищ, які відбуваються та проявляються у прибережній смузі Азовського моря, є неодмінною складовою загального процесу функціонування Приазовської парадинамічної ландшафтної системи. Вони визначають специфіку її структури, функці-

онування та результат, що проявляється у формуванні специфіки ландшафтних комплексів – зволоження, засолення, хемогенної міграції речовин, лікувальних властивостей приморського повітря, високих показників біопродуктивності.

### Література

1. Агаркова-Лях И.В. Вещественно-энергетический обмен между сушей и морем в береговой зоне. *Культура народов Причерноморья*. 2002. № 33. С.18-20.
2. Азовское море в конце XX – начале XXI веков: геоморфология, осадконакопление, пелагические сообщества. Т. X / Отв. ред. Г.Г. Матишов; Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. 295 с.
3. Айзатуллин Т.А. Океан. Активные поверхности и жизнь / Т.А. Айзатуллин, В.Л. Лебедев, К.М. Хайлов. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 191 с.
4. Беспалова Л.А. Экологическая диагностика и оценка устойчивости ландшафтной структуры Азовского моря: автореф. дис. на соиск. учен. степени докт. геогр. наук: спец. 25.00.23 «Физ. геогр. и биогеогр., геогр. почв и геохимия ландшафт.» СПб., 2007. 30 с.
5. Вернадский В.И. О задачах геохимического исследования Азовского моря и его бассейна. *Зап. Крымск. о-ва естествоисп. и любит. природы*. 1925. Т. 8.
6. Географические аспекты изучения гидрологии и гидрохимии Азовского бассейна. : (сборник научных трудов). Ленинград : АН СССР, 1981. 158 с.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 5 *Азовское море*. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 237 с.
8. Ивлиева, О.В. Техногенный седиментогенез в Азовском море. Автореф. дисс. докт. геогр. наук: 25.00.36 – Геоэкология; Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону, 2007. 48 с.
9. Матишов, Г.Г., Гаргопа, Ю.М., Бердников, С.В., Дженюк, С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море; Южный научный центр РАН. М.: Наука, 2006. 304 с.
10. Зайцев, Ю. П., Александров, Б. Г., Миничева, Г. Г. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. К.: Наукова думка, 2006. 700 с.
11. Сорокина, В.В. Особенности терригенного осадконакопления в Азовском море во второй половине XX века: Дис. . . . канд. географ, наук: 07.09.2006. – Ростов-на-Дону, 2006. 198 с.
12. Хорн, Р. Морская химия. М.: Мир, 1972. 397 с.
13. Хрусталева, Ю. П., Ивлиева, О. В. Проблемы антропогенной морской седиментологии (на примере Азовского моря). Ростов-на-Дону: ГЕФЕСТ, 1999. 196 с.

### References

1. Agarkova-Lyah, I.V. (2002). Veshchestvenno-ehnergeticheskij obmen mezhdusushej i morem v beregovoj [Real-energy exchange between land and sea in the coastal zone]. *Culture of the peoples of the Black Sea region*. 33. 18-20 [in Russian].
2. Matishov, G.G. (2008). Azovskoe more v konce HKH – nachale HKHI vekov: geomorfologiya, osadkonakoplenie, pelagicheskie soobshchestva [Azov Sea in the late twentieth and early twenty-first centuries: geomorphology, sedimentation, pelagic communities]. *Murman. mor. biol. in-t KNC RAN. Apatity: Izd-vo KNC RAN [Murman. Mor. Biol. Institute of the KSC RAS. Apatity: Publishing house KSC RAS]*, 10. 295 [in Russian].
3. Ajzatullin, T. A., Lebedev, V. L., Hajlov, K. M. (1979). Okean. Aktivnye poverhnosti i zhizn' [The Ocean. Active surfaces and life]. *Leningrad: Gidrometeoizdat*, 191 [in Russian].
4. 4. Беспалова Л. А. (2007). EHkologicheskaya diagnostika i ocenka ustojchivosti landshaftnoj struktury Azovskogo morya [Ecological diagnostics and assessment of the stability of the landscape structure of the Sea of Azov]. *St. Petersburg*, 30 [in Russian].
5. Vernadskij V. I. (1925). O zadachah geohimicheskogo issledovaniya Azovskogo morya i ego bassejna / V.I. Vernadskij [On the tasks of geochemical research of the Sea of Azov and its basin]. *Зап. Крымск. о-ва естествоисп. i lyubit, prirody [Notes of the Crimean Society of Naturalists and Nature Lovers]*. 8 [in Russian].

6. Geograficheskie aspekty izucheniya gidrologii i gidrohimii Azovskogo bassejna. : (sbornik nauchnyh trudov) [Geographical aspects of the study of hydrology and hydrochemistry of the Azov basin].(1981). Leningrad : AN SSSR, 158 [in Russian].
7. Gidrometeorologiya i gidrohimiya morej SSSR. T. 5 Azovskoe more. [Hydrometeorology and hydrochemistry of the USSR seas. T. 5 The Sea of Azov.]. (1991). L.: Gidrometeoizdat, 237 [in Russian].
8. Matishov, G.G., Gargopa, YU.M., Berdnikov, S.V., Dzhenyuk, S.L. (2006). Zakonomernosti ehkosistemnyh proces-sov v Azovskom more [Regularities of ecosystem processes in the Azov Sea]. Moskow.:Sciense, 304 [in Russian].
9. Sorokin, a V.V. (2006). Osobennosti terrigenno go osadkonakopleniya v Azovskom more vo vtoroj polovine XX veka [Features of terrigenous sedimentation in the Azov Sea in the second half of the XX century]. Rostov-on-Don, 198 [in Russian].
10. Hrustalev, YU. P., Ivlieva, O. V. (1999). Problemy antropogennoj morskoy sedimentologii (na primere Azovskogo morya) [Problems of anthropogenic marine sedimentology (on the example of the Azov Sea)]. Rostov-on-Don: Gefest, 196 [in Russian].
11. Horn, R. (1972). Morskaya himiya [Marine Chemistry]. Moskow: Mir, 397 [in Russian].
12. Ivlieva, O.V. (2007). Tekhnogennyj sedimentogenez v Azovskom more [Technogenic sedimentogenesis in the Sea of Azov]. Rostov-on-Don, 48 [in Russian].
13. Zajcev, YU. P., Aleksandrov, B. G., Minicheva, G. G. (2006). Severo-zapadnaya chast' Chernogo morya: biologiya i ehkologiya [North-western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kiev: Naukova dumka, 700 [in Russian].

Надійшла до редколегії 10.04.2017