

УДК 551.464.3:552.5+556.5

СУЧАСНИЙ ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИЙ СТАН р. ІНГУЛ

Альохіна Т.М.

Державна наукова установа «Відділення морської геології та осадочного рудоутворення» НАН України, Криворізькій відділ проблем екологічної геології та розробки рудних родовищ

В статті представлені результати досліджень сучасного еколого-геохімічного стану р. Інгул – найбільшого лівого притока Південного Буга. В ході експедиційних досліджень виявлено, що ступінь антропогенної трансформації гідроекосистеми можна охарактеризувати як помірну. Проведені літологічні та хімічні дослідження донних осадових порід річки. Результати хімічного аналізу донних осадових порід свідчать про просторову та фаціальну неоднорідність показувачів, а також про вплив антропогенного фактора на деякі з них.

Річка Інгул, стан гідроекосистеми, донні осади

ВСТУП

Споживницьке ставлення до водних ресурсів в промислову епоху не може не відзначитись на їх стані. Активний розвиток сільськогосподарського господарства на півдні України у 70-90 рр. ХХ століття позначився чисельними створеннями зрошувальних каналів, водосховищ, спрямленням русел, розоренням заплавок та іншими проявами антропогенної діяльності. Але тривалий кризовий період в економіці країни, який призвів до занепаду зрошувального землеробства, сприяв частковому відновленню річкових екосистем. У зв'язку з цим актуальності набувають дослідження характеру змін та їх проявів, що відбуваються у водоймах та водотоках у сучасний період.

Одним з найбільш важливих компонентів аквального ландшафту, що відображає геохімічні особливості та ступінь трансформації водозбірної території є склад донних осадових порід. Останнім часом донні осади все частіше використовують у якості індикаторів оцінки інтенсивності та масштабів антропогенної трансформації гідроекосистем. Метою нашого дослідження стало визначення сучасного еколого-геохімічного стану р. Інгул. Дослідження включало в себе опис р. Інгул, а

також дослідження літологічних та хімічних показників донних осадків.

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження – р. Інгул, була розділена на 3 ділянки: ділянка у верхній течії довжиною 11 км (від с. Тарасівка до с. Інгуло-Кам'янка Кіровоградської об-ті); у середній – довжиною 15 км (від с. Розанівка до с. Софіївка Миколаївської об-ті) та у нижній течії – довжиною 35 км (від с. Привольне до с. Піски). Експедиції відбувалися протягом 2008-2009 років. Виконано опис району дослідження згідно [8, 11]. На кожній ділянці річки було закладено профілі для відбору проб донних осадків. Методику вибору репрезентативних ділянок та місць відбору проб донних осадків викладено в [8]; всього було закладено 20 профілів. Було досліджено гранулометричний склад донних осадків [5, 9], питому щільність [3], вміст магнітної фракції [2, 7], вміст водорозчинних солей [1, 3], хімічний склад тощо.

Опис річки Інгул та її сучасного стану. Річка Інгул – найбільша притока Південного Бугу, бере початок у с. Броково на Кіровоградщині на висоті 145,0 м над рівнем моря і протікає територією Кіровоградської і Миколаївської областей, впадає в р. Південний Буг з лівого боку. Практично по всій довжині річка тече в меридіональному напрямку. Загальна довжина ріки 354 км, площа водозбору 9890 км², середній уклін водної поверхні русла становить 0,41‰. Верхів'я басейну ріки розташоване в лісостепу, середня і нижня частина у степовій зоні. Основна область живлення ріки розташована у верхній частині басейну, де середньорічна сума опадів дорівнює 500-560 мм у рік. Середньо багаторічний модуль річкового стоку складає – 1,09 л/с/км². Велике значення для перерозподілу стоку має значна зарегульованість водосховищами, що здійснюють забір води на зрошення, промислове і питне водопостачання. Коефіцієнт зарегульованості верхньої частини басейну ставками і водосховищами – 0,4. Усього в басейні ріки нараховується 8 великих водосховищ. Середньо багаторічний стік твердих наносів по водомірному посту Седневка (205 км від гирла) складає 200 тис. т/рік. Стік р. Інгул формується в основному в

зимово-весняний період внаслідок танення снігу і випадіння дощів, а також влітку за рахунок злив.

На час проведення досліджень ступінь антропогенного впливу можна оцінити як помірний. На досліджуваних ділянках у верхів'ї та середній течії річки знаходяться переважно села, тому вплив на екосистему полягає в наступному: значна розораність по берегах; пасовища, толоки на прибережній смузі; скиди неочищених побутових стоків селищ та містечок; засміченість берегів у місцях рекреації; зарегульованість. Характер впливу у пониззі ріки майже аналогічний, але наявні залишки іригаційної системи, яка у теперішній час майже не працює. Зарегульованість річки помірна у верхів'ї та збільшується за течією.

У верхній течії Інгула під час водопілля мінералізація води змінюється у межах 180-380 мг/дм³, твердість – 2,3-3,8 ммоль/дм³; домінують іони: HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Вода належить до гідро-карбонатного класу групи кальцію. У степовій частині басейну, де у ґрунтовому покриві переважають важко суглинисті і середньо суглинисті солонцюваті землі (нижня течія) мінералізація води змінюється у межах 400–980 мг/дм³, твердість 4–9,7 ммоль/дм³. Води належать до гідро-карбонатного (чи гідрокарбонатно-сульфатного) класу групи кальцію. У воді переважають іони: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} . У літню та зимову межені річка живиться підземними водами. За хімічним складом води тріщинуватості належать до групи слабо мінералізованих гідрокарбонатно-кальцієвих. Так, у верхів'ї Інгулу у цей період мінералізація води змінюється в межах 650–1000 мг/дм³, твердість – 6,5–9 ммоль/дм³; домінують іони: HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ . Вода належить до гідро-карбонатного класу групи кальцію-магнію-натрію. Південніше (водомірний пост Ново-Горожено – 118 км від гирла) мінералізація води досягає 1–2 г/дм³, твердість – 9-16 ммоль/дм³. Переважають іони: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ . Вода належить до змішаного гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридного класу групи натрію-кальцію-магнію. У пониззі басейну концентрація SO_4^{2-} та Cl^- досягає 500-600 мг/дм³. В аніонному складі переважають сульфати та хлориди, відносний вміст гідрокарбонатів зменшується. У складі катіонів домінують: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} [6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.

Результати визначення гранулометричного складу донних осадків р. Інгул свідчать про широкий діапазон коливань цього показника. Розрахунок відсотків псефітової, псамітової, алевритової та пелітової складових (табл. 1) дає змогу простежити як змінюється склад донного осадку за течією ріки. Так, у верхів'ї переважають частки псефітової та особливо псамітової фракції. Майже аналогічна картина спостерігається і у середній течії ріки – значна доля псефіто-псамітової фракції та значно менша алеврито-пелітової, причому відсоток алевритової складової не перевищує 1,4 %. У нижній течії р. Інгул переважає пелітова фракція, значення якої коливаються від 53,4 до 89,6 %. Аналізуючи результати гранулометричного складу донних осадків можна припустити, що такий характер розподілу часток за розміром досить чітко відображає рівнинний природно-антропогенний тип водотоку. У верхів'ї визначається більша швидкість течії і відповідно незначне осадконакопичення. Поступово швидкість течії уповільнюється, причому не останню роль у цьому відіграють створені у руслі ріки водосховища та збільшується осадконакопичення дрібних фракцій.

Результати визначення питомої щільності донних осадків вказують на переважаючу однорідність цього показника. Значення питомої щільності коливаються у незначному діапазоні від 2,25 до 2,43 г/см³. Але як і у випадку із гранулометричним складом цей показник має досить чітку просторову орієнтацію. Так, середня питома щільність проб донних осадків у верхів'ї та у середній частині ріки становить відповідно – 2,36 та 2,37 г/см³, тоді як у нижній частині – 2,32 г/см³. Це цілком узгоджується із показниками гранулометричного складу.

Проведені дослідження визначили майже відсутність магнітних часток у донних осадках р. Інгул на всьому дослідженому відтинку ріки. Отримані нами значення знаходяться на рівні <0,1%. Дані результати можна трактувати у контексті незначного техногенного впливу на р. Інгул.

Показник вмісту водорозчинних солей у донних осадках одночасно відображає декілька характеристик: з одного боку він корелює із вмістом водорозчинних солей у воді, а з іншого боку

відображає сорбційну здатність донних осадків [1, 10], що у свою чергу залежить від гранулометричного складу. Так, збільшення за течією пелітової частки у донних осадках призводить до збільшення їх сорбційної здатності, що знаходить своє підтвердження у поступовому збільшенні вмісту водорозчинних солей. Однак, характер вмісту водорозчинних солей не однаковий на різних ділянках ріки: у верхів'ї визначено коливання в діапазоні від 0,34-0,55 % на 100 г сухої проби (середні значення – 0,42); у середній та, особливо, у нижній частині варіативність досліджуваного показника збільшується. Значення вмісту водорозчинних солей у середній течії коливаються від 0,48 до 0,72 % на 100 г сухої проби (середні значення – 0,61); у пониззі – 0,32–0,94 % на 100 г сухої проби (в середньому 0,62).

Таблиця 1 – Класифікація донного осадку за розміром, %

Місяця відбору проб	Гранулометричні фракції				
	Псефіти, (>2 мм)	Псаміти, (2-0,1 мм)	Алеврити, (0,1-0,05 мм)	Пеліти, (<0,05 мм)	Середньо-зважена
Верхня частина ріки (від с. Тарасівка до с. Інгуло-Кам'янка)					
Профіль 1	0,47	79,87	0,47	19,20	0,46
Профіль 2	29,50	44,30	0,50	25,80	2,26
Профіль 3	15,20	50,20	0,40	34,20	1,14
Середня частина ріки (від с. Розанівка до с.Софіївка)					
Профіль 1	26,90	37,70	1,40	34,0	2,48
Профіль 2	18,10	31,60	0,70	49,50	1,56
Профіль 3	27,50	64,20	0	8,30	2,59
Профіль 4	26,70	64,20	0	9,0	2,08
Профіль 5	24,50	37,50	0	18,30	2,12
Нижня частина ріки (від с. Привольне до с.Піски)					
Профіль 1	2,0	7,90	0,60	89,50	0,30
Профіль 2	6,10	23,30	1,50	69,10	0,70
Профіль 3	13,60	13,40	0,47	69,10	1,82
Профіль 4	10,90	8,30	0,10	80,70	1,50
Профіль 5	5,70	37,30	3,53	53,40	0,51
Профіль 6	17,70	21,80	0,60	59,80	2,17
Профіль 7	2,60	7,80	0	89,60	0,29
Профіль 8	7,0	14,10	0	78,90	0,43
Профіль 9	15,30	16,40	0	68,30	0,91
Профіль 10	26,40	9,0	2,20	62,40	3,27
Профіль 11	12,40	21,20	1,40	65,0	1,41
Профіль 12	10,70	23,77	3,37	62,17	0,93

Результати досліджень хімічного складу донних осадків р. Інгул виявили цікаві особливості. У таблиці 2 проаналізовано діапазон коливань показників, що свідчить про значну варіативність деяких сполук. На нашу думку, цікавим є не загальний середній вміст тих чи інших сполук у донних осадках, а їхні зміни з верхів'я до гирла. Вміст загального заліза змінюється за течією із 1,17 % поступово збільшуючись у середній течії до 1,93 %, а у пригирлових ділянках становить 2,94 %. Аналогічним чином ведуть себе закисне та окисне залізо. Вміст кремнезему поступово зменшується, а вміст таких сполук як Al_2O_3 , TiO_2 збільшується. Ще більш значною мірою

збільшується з течією ВПП. Таким чином, вміст хімічних сполук досить чітко корелює із гранулометричним складом донних осадків. Збільшення сульфатів, сульфідів, хлоридів зумовлюється як природними особливостями, про що було сказано вище, так і скидами неочищених побутових та промислових стоків.

Результати проведених досліджень було проаналізовано за допомогою кореляційного аналізу та визначено наступне: Фезаг має високі позитивні коефіцієнти кореляції із значною кількістю досліджуваних сполук, серед яких слід відзначити зв'язки із Al_2O_3 та TiO_2 , що становлять відповідно $r=0,90$ та $r=0,92$. Також високий коефіцієнт кореляції Фезаг із ВПП ($r=0,84$). Такі результати можуть відображати фракційне розташування цих сполук. На користь цього свідчить високий від'ємний коефіцієнт кореляції Фезаг із SiO_2 ($r = - 0,86$). Досить цікавими, на нашу думку, є високі позитивні зв'язки заліза з оксидом магнію та калію попри незначну кількість мінералів, що об'єднує Fe, Mg та K. Можливо, це пов'язано із концентруванням останніх у алеврито-пелітовій фракції, до якої наближене і залізо. Окремим і дуже цікавим винятком є високий ($r = 0,73$) позитивний зв'язок FeO із сульфідним аніоном. Коефіцієнт кореляції для цієї пари понад 2 рази перевищує аналогічний для пари $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{S}^{2-}$. Це свідчить на користь того факту, що на окремих ділянках ріки утворюються відновні умови. Що стосується кремнезему, то він утворює із усіма сполуками та елементами стійки від'ємні зв'язки. Al_2O_3 та TiO_2 , що наближені до сполук заліза, магнію та калію утворюють з ними асоціацію.

Оксид марганцю також має досить значні кореляційні зв'язки із залізом, але із загальним та окисним ($r = 0,71$ пари MnO – Фезаг., $r = 0,73$ MnO – Fe_2O_3), із закисним залізом коефіцієнт кореляції становить $r = 0,46$. На нашу думку у даному випадку особливу роль відіграє фаціальний розподіл сполук. Так, FeO утворює асоціацію із Al_2O_3 , TiO_2 , ВПП, що тяжіють до глибоких та менш проточних частин річища, тоді як MnO разом із Fe_2O_3 та P_2O_5 тяжіють до прибережних ділянок.

Таблиця 2 – Результати хімічних аналізів донних осадків р. Інгул

Показники	Діапазон коливань значень показників, %	M±m Верхня частина ріки (від с. Тарасівка до с. Інгуло-Кам'янка)	M±m Середня частина ріки (від с. Розанівка до с. Софіївка)	M±m Нижня частина ріки (від с. Привольне до с. Піски)	M±m
Feзг.	1,00-3,50	1,17±0,06	1,93±0,86	2,94±0,33	2,39±0,85
Fe ₂ O ₃	0,57-3,67	1,05±0,16	1,71±1,03	2,82±0,51	2,25±0,94
FeO	0,50-1,50	0,53±0,06	0,97±0,21	1,22±0,23	1,03±0,34
SiO ₂	54,60-87,16	87,05±0,13	71,4±9,56	61,04±4,11	68,31±11,57
Al ₂ O ₃	3,48-10,70	3,86±0,36	7,78±1,70	9,12±0,95	7,80±2,32
TiO ₂	0,20-0,75	0,25±0,05	0,43±0,13	0,58±0,09	0,48±0,16
MnO	0,04-0,19	0,04±0,01	0,06±0,02	0,11±0,04	0,09±0,04
CaO	1,06-10,31	1,15±0,12	5,11±2,41	6,63±2,38	5,23±2,98
MgO	0,25-2,50	0,39±0,20	0,98±0,60	1,70±0,39	1,30±0,67
Na ₂ O	0,32-1,35	0,41±0,11	1,06±0,25	0,60±0,07	0,65±0,25
K ₂ O	1,00-2,21	1,20±0,19	1,81±0,34	1,77±0,24	1,66±0,33
P ₂ O ₅	0,14-0,39	0,17±0,03	0,22±0,08	0,25±0,06	0,23±0,06
ВПП	3,63-16,89	3,94±0,35	8,36±3,22	14,0±2,12	10,86±4,69
S ₂ -	0,04-0,32	0,07±0,03	0,12±0,02	0,17±0,09	0,14±0,08
SO ₄ ²⁻	0,12-0,95	0,21±0,08	0,37±0,05	0,49±0,27	0,41±0,24
Cl-	0,08-0,20	0,08±0,01	0,11±0,05	0,13±0,04	0,12±0,04
Sзг.	0,15-1,13	0,16±0,01	0,26±0,05	0,44±0,33	0,35±0,28

В цілому, аналіз даних парних коефіцієнтів кореляції вказує на наступне: 1) кремнезем має від'ємні значення коефіцієнтів кореляції із усіма досліджуваними хімічними сполуками; 2) найменші корелятивні зв'язки визначено для оксиду натрію та аніону хлору; 3) ряд сполук утворює фаціально орієнтовані асоціації; 4) оксид заліза (II) має високий коефіцієнт кореляції із сульфідним аніоном (S₂-), що можливо на ділянках із відновними умовами.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз результатів гранулометричного складу донних осадків свідчить, що розподіл часток за розміром відображає рівнинний характер водотоку із переважанням

- крупної фракції у верхів'ї та значним накопиченням алевритової та пелітової фракцій у пониззі.
2. Результати визначення питомої щільності та вмісту водорозчинних солей вказують на значний зв'язок цих показників із гранулометричним складом донних осадків та, для умов Інгулу, тенденцію до зменшення щільності та збільшення вмісту солей із течією.
 3. Результати аналізу хімічного складу донних осадків демонструють просторову та фаціальну неоднорідність досліджуваних показників та вплив антропогенного чинника на деякі з них.
 4. Відсутність значного техногенного навантаження, зниження «культури» землеробства та незначна заселеність вздовж берегів дають змогу характеризувати сучасний стан р. Інгул як природно-антропогенний, а за ступенем впливу віднести до помірно трансформованих. До найвагоміших чинників трансформації можна віднести значну зарегульованість ріки та розораність берегів. Розуміючи відносність такої оцінки зазначимо, що процеси, які відбуваються як у гідросистемі ріки, так і на водозбірній території скоріш за все є технолагеними [4]. Тому, для більш ясної та чіткої картини необхідно продовжувати дослідження із залученням інших методів дослідження та аналізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Альохіна Т.М. Залежність вмісту водорозчинних солей у донних відкладах р.Інгулець від гранулометричного складу / Альохіна Т.М., Бобко А.О. // Доповіді НАН України. – К., 2009. – №10. – С.122-125.*
2. *Альохіна Т.М. Магнітна складова донних осадків як критерій техногенної трансформації гідроекосистем гірничо-видобувних регіонів / Альохіна Т.М., Бобко А.О. // Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы исследований. Мат. III Международной науч. конф. – Херсон, – 2012. – С.192-195.*
3. *Бирюков Н.С. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов / Бирюков Н.С.,*

- Казарновский В.Д., Мотылев Ю.Л. – М.: Недра, 1975. – 178 с.*
4. *Высоцкий Б.П. Проблемы истории и методологии геологических наук. – М.: Недра, 1977. – 280 с.*
 5. *ГОСТ 12536-79 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава / Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 12.10.1979.–№189.–М.: Из-во стандартов, 1979. – 36 с.*
 6. *Горєв Л.М. Гідрохімія України / Горєв Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. – К.: Вища школа, 1995. – 307 с.*
 7. *Малахов І.М. Методологічні питання вивчення трансформації геологічного середовища у гірничо-видобувних регіонах / Малахов І.М., Альохіна Т.М., Іванченко В.В., Бобко А.О., Агаджанов М.Є. – Кривий Ріг: “Октян Прінт”, 2011.– 170 с.*
 8. *Малахов І.М. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водойм Криворізького залізрудного басейну / Малахов І.М., Агаджанов М.Є., Бобко А.О., Альохіна Т.М., Іванченко В.В. - Кривий Ріг, “Октян Прінт”. – 2008. – 110 с. Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми.*
 9. *Методические указания управлениям Гидрометслужбы, № 85. Изучение гранулометрического состава донных отложений рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 58 с.*
 10. *Огородніков В.І. Сучасний субаквальний седиментогенез у внутрішньоконтинентальних басейнах гумідної зони // Огородніков В.І. Автореферат дис. д-ра геол.наук; Ін-т геологічних наук НАН України. – К. – 2001. – 32 с.*
 11. *Natural resource management strategy. Eastern Europe and Central Asia. // Washington. –2000. – 135 p.*

MODERN ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL STATE OF INGUL RIVER

Alokhina T.N.

The results of the modern state of the Ingul river are presented in the article. Research included: ecological and

geological description Ingul river and its basin, and determining lithological and chemical parameters of river bottom sediments. The level of contemporary human impact on the river Ingul may estimate as moderately transformed. The analysis of the chemical composition of bottom sediments are shown spatial and facials heterogeneity investigating parameters and the impact of anthropogenic factors on some of them.

УДК 551.464.3:552.5+556.5

Альошина Т.М. Сучасний еколого-геохімічний стан р. Інгуль // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – Вип. 18, № 1. – С. 181-191.

У статті викладено результати досліджень сучасного стану річки Інгуль. Дослідження включає: еколого-геологічний опис річки Інгуль та її басейну, а також визначення літологічних та хімічних показників річкових донних осадків. За ступенем сучасного антропогенного впливу річку Інгуль можна віднести до помірно трансформованих. До вагомих чинників трансформації належать: зарегульованість ріки, розораність берегів, скиди побутових стоків. Серед досліджуваних літологічних показників важливим є гранулометричний склад донних осадків, аналіз результатів якого свідчить, що розподіл часток за розміром відображає рівнинний характер водотоку із переважанням крупної фракції у верхів'ї та значним накопиченням алевритової та пелітової фракції у пониззі. Результати визначення питомої щільності та вмісту водорозчинних солей вказують на значний зв'язок цих показників із гранулометричним складом донних осадків та, для умов Інгулу, тенденцію до зменшення щільності та збільшення вмісту солей із течією. Результати аналізу хімічного складу донних осадків демонструють просторову та фаціальну неоднорідність досліджуваних показників, та вплив антропогенного чинника на деякі з них.

Бібл. 11. Табл. 2.