

УДК 556.53:556.114.6/.7(477.4)

Кравчинський Р.Л., Хільчевський В.К.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРО ГІДРОЕКОЛОГІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ БАСЕЙНУ р. ІНГУЛЕЦЬ

Ключові слова: гідроекологічне районування; факторний аналіз; кластеризація; гідрохімічний режим; хімічні компоненти; водогосподарська діяльність.

Актуальність питання. Басейн р. Інгулець є одним із найскладніших природних об'єктів України і потребує постійної уваги до себе вчених та практиків. Значна кількість екологічно-небезпечних промислових об'єктів та підприємств, високий рівень урбанізації території поряд з своєрідними фізико-географічними умовами та досить обмеженими водними ресурсами створюють низку гідроекологічних проблем в регіоні, які місцями носять досить важкий характер.

Здійснення об'єктивної гідроекологічної оцінки будь-якого річкового басейну, прогнозування стану гідроекосистеми, а також ефективне планування заходів з охорони водних ресурсів не можливе без вирішення такого важливого науково-практичного завдання, як виділення однорідних гідроекологічних структур (районів) в межах цілісної гідрохімічної систем [2].

Тому **мета даної роботи** – здійснити гідроекологічне районування басейну р. Інгулець.

Методика досліджень. Для досягнення поставленої мети було визначено основні фактори, що впливають на гідроекологічний стан басейну р. Інгулець, досліджено особливості водогосподарської діяльності та гідрохімічного режиму річок.

Вихідними даними для дослідження гідрохімічного режиму є дані багаторічних гідролого-гідрохімічних спостережень Державної гідрометслужби України (1998–2008 рр.) та результати моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України (1998–2008 рр.).

Серед численних підходів до районування і комп'ютерного картографування територій за гідрологічними, гідрохімічними, гідроекологічними та іншими показниками в останні роки особливої популярності набувають комп'ютерно-модельні методи. Їх основним елементом є складний полікритеріальний математико-статистичний аналіз, що включає визначення низки кластерів (таксонів) на основі точково заданих параметрів [7].

Основним засобом для проведення факторного та кластерного аналізу є аналітична система програмного пакету *STATISTICA*. Для роботи було обрано модифікацію кластерного аналізу К-середніх значень, оскільки вона є оптимальною і дозволяє, маючи певні уявлення про очікувані результати, самостійно обирати необхідну кількість кластерів, а програма, у свою чергу, пропонує їх деталізацію, відповідно до вихідних даних.

Результати досліджень та їх обговорення. Як показують результати численних досліджень, основний вплив на гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну р. Інгулець здійснює водокористування та водовідведення [5], облік яких здійснюється Державним комітетом України по водному господарству.

З точки зору галузевої структури водокористування основними водокористувачами в басейні р. Інгулець є промисловість, житлово-комунальне і сільське господарство. Всього в басейні р. Інгулець нараховується близько 230 підзвітних водокористувачів.

Найбільший забір поверхневих вод (близько 163,5 млн. м³/рік або 80 % від загального забору по басейну) здійснюють підприємства сільського господарства. Другим за обсягами використання поверхневої води є підприємства житлово-комунального господарства (близько 20,1 млн. м³/рік або 10 % від загального), серед яких найбільші знаходяться в містах Олександрія, Жовті Води та Кривий Ріг. Забір води для господарсько-побутових потреб здійснюється як з поверхневих, так і з підземних джерел. Водночас за обсягами скидів стічних вод житлово-комунальним підприємствам належить першість відносно інших галузей господарства (116,0 млн. м³/рік або 46 % від загальних скидів по басейну). Решту 10 % від загального забору води (20,4 млн. м³/рік) з поверхневих джерел забирають промислові підприємства та виробничі об'єднання [1].

В адміністративно-територіальному відношенні значний забір води в басейні р. Інгулець здійснюється підприємствами Дніпропетровської та Миколаївської областей, значно менше – Кіровоградської та Херсонської. Найбільший обсяг скидів використаної води до річок басейну Інгульця належить підприємствам, що знаходяться в межах Криворізького ТВК (рис. 1).

За багаторічний період розвитку та становлення господарського комплексу в басейні утворилось кілька водогосподарських ділянок, що характеризуються особливістю господарської діяльності та своєрідним гідроекологічним станом.

У верхів'ї басейну Інгульця основний вплив на гідрохімічний режим та якість поверхневих вод верхньої ділянки здійснюють господарсько-побутові і меншою мірою виробничі стічні води великих міст (м. Олександрія, м. Жовті Води, м. Знам'янка) і невеликих населених пунктів. Речовини, які надходять по р. Інгулець із Кіровоградської області (органічні сполуки, метали, феноли і нафтопродукти), забруднюють воду і донні відклади в Карачунівському водосховищі та частково транспортуються в нижні ділянки річки.

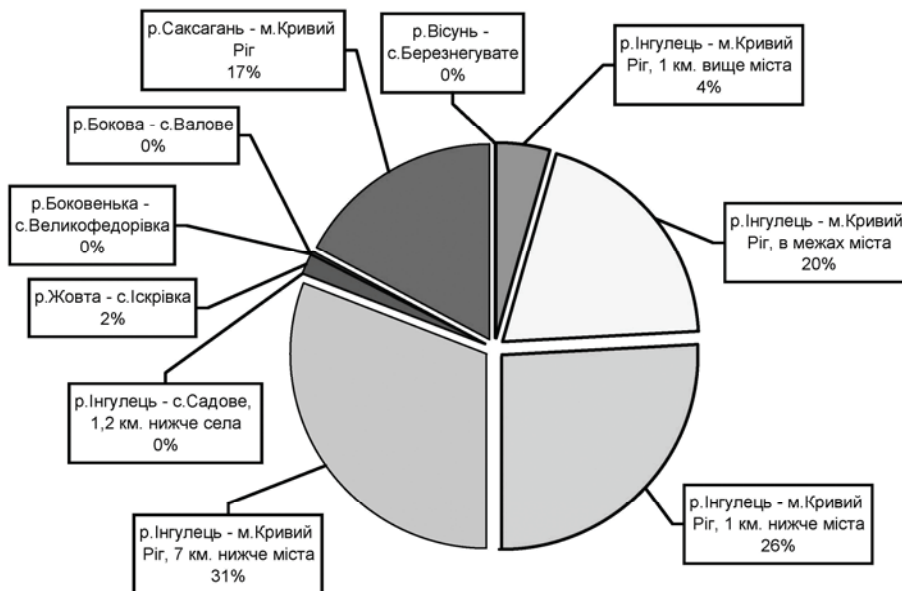


Рис. 1. Територіальна структура водокористування в басейні р. Інгулець

Середня мінералізація води у верхів'ї басейну поступово підвищується і в межах Карачунівського водосховища досягає 1104 мг/дм^3 , завислі речовини – до 32 мг/дм^3 , СПАР – до $0,08 \text{ мг/дм}^3$, нафтопродукти – до 140 мкг/дм^3 [6].

Для екологічного оздоровлення гідроекосистеми на даній ділянці з 1988 р. періодично (березень-травень) проводиться додаткова подача дніпровської води з Цибульниківської затоки Кременчуцького водосховища по каналу Дніпро-Інгулець. Тому хімічний склад води у верхній ділянці має чітку залежність від обсягу поданої води по каналу [5].

У центральній частині басейну нижче Карачунівського водосховища річка протікає по території Криворізького залізрудного басейну. Провідна роль у цьому районі належить підприємствам чорної металургії, машинобудування, металообробки, електроенергетики та паливної промисловості [4]. Тут знаходиться валова частка екологічно-небезпечних об'єктів та підприємств басейну, серед яких найбільший обсяг забруднених речовин до поверхневих джерел скидають Криворізьке виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства ($121,4 \text{ млн.м}^3$ на рік), комбінат ВАТ «Арселорміттал Кривий Ріг» ($61,8 \text{ млн.м}^3$), «Північний», «Південний», «Інгулецький» гірничо-збагачувальні комбінати (відповідно $14, 6,6$ і $5,8 \text{ млн.м}^3$), шахти «Батьківщина» ($2,1 \text{ млн.м}^3$), «Гігант» ($1,6 \text{ млн.м}^3$).

Особливість водовідведення в промисловості пов'язано з проблемою утилізації високомінералізованих вод, що відкачуються із надр шахт та кар'єрів. До 1960 р. промислові стічні води скидалися безпосередньо до річок Інгулець і Саксагань, що призвело до різкого погіршення їх екологічного стану. Сьогодні шахтні та кар'єрні води відводяться до спеціальних ставків-накопичувачів, де змішуються з річковою водою (загальна мінералізація води при цьому у водоймах знижується до $5\text{-}20 \text{ г/дм}^3$)

і використовуються в системах оборотного водопостачання підприємств. У зв'язку із систематичним переповненням хвостосховищ у міжвегетаційний період надлишки високомінералізованих промислових стічних вод об'ємом 70-90 млн. м³ скидають до рр. Інгулець та Саксагань і проводять промивку русел водою з водосховищ, що розташовані вище місць скидів [1].

Природна відновлювальна здатність річкової екосистеми давно вичерпана. Тому середньорічні показники мінералізації річкової води не знижуються 1700 мг/дм³, концентрація фенолів становить біля 5,0 мкг/дм³, а вміст мікроелементів коливається в межах близьких до ГДК (табл. 1).

Таблиця 1. Середні багаторічні концентрації основних показників хімічного складу поверхневих вод басейну р. Інгулець

№	Річка - пост Показник	р. Інгулець – 1 км. вище міста (верхня ділянка)	р. Інгулець – 7 км нижче міста (територія Кривбасу)	р. Інгулець - с. Садове, (гірло)	р. Жовта - с. Іскрівка	р. Бокова - с. Валове	р. Боковенька - с. Великофедорівка	р. Вісунь - с. Березнегувате	р. Саксагань – м. Кривий Ріг (територія Кривбасу)	ГДК
2	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	353	456	49	716	980	750	850	786	500
3	Cl ⁻ , мг/дм ³	180	428	41,6	320	260	247	260	464	300
4	NH ₄ ⁺ , мг N/дм ³	0,64	1,02	0,36	0,52	0,50	0,53	0,48	0,57	1,0
5	NO ₂ ⁻ , мг N/дм ³	0,04	0,10	0,04	0,09	0,50	0,53	0,48	0,57	1,0
6	PO ₄ ³⁻ , мг P/дм ³	0,09	0,17	0,23	0,55	0,79	0,79	0,73	0,57	3,5
7	Fe заг., мкг/дм ³	154	189	69,0	210	130	160	110	270	300
8	Cu (II), мкг/дм ³	4,9	7,6	8,4	11,5	9,5	4,5	2,8	12,4	1000
9	Феноли, мкг/дм ³	3,0	5,0	1,0	2,7	3,4	3,3	4,3	5,7	100
10	Нафтопродукти, мкг/дм ³	140	181	120	192	90,0	95,0	95,0	205	200

Для забезпечення різних галузей господарства водними ресурсами необхідної кількості і відповідної якості передбачена перекачка дніпровської води по каналу Дніпро-Кривий Ріг (1961) з Мар'янівської затоки Каховського водосховища [1].

У нижній ділянці басейну на відрізьку від гірла Інгульця до м. Снігурівки (близько 80 км) формування хімічного складу води пов'язано з роботою Інгулецької зрошувальної системи (з 1951 р.) [4]. Під час роботи головної насосної станції (травень-вересень), коли дніпровська вода антирікою піднімається вгору по штучно заглибленому руслу Інгульця на 80 км, на даній ділянці мінералізація становить лише 250-400 мг/дм³. У січні-лютому під час скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу мінералізація

інколи збільшується до 3,5 г/дм³, при цьому зростають концентрації інших елементів, зокрема важких металів та специфічних забруднюючих речовин.

Гідролого-гідрохімічний режим річок Бокова, Боковенька та Висунь формується під переважним впливом природних факторів. Проте, гідроекологічний стан характеризується підвищеними гідрохімічними показниками, що набувають максимальних значень в період літньо-осінньої межени: зокрема спостерігається підвищена мінералізація води, вміст біогенних речовин, специфічних забруднюючих речовин та погіршення кисневого режиму (зокрема перенасичення киснем).

Таким чином, для аналізу цілісної системи було використано дані по скидах забруднюючих речовин до поверхневих джерел, гідрологічні показники (витрати води) та основні гідрохімічні показники якості води.

Статистичний аналіз вихідних даних дозволив виявити основні два фактори, що впливають на формування гідроекологічного стану басейну р. Інгулець (F_1 та F_2) (табл. 2).

Таблиця 2. Факторні навантаження, власні показники та значущість факторів

Признаки	Факторні навантаження a_{ij}			
	F_1	F_2	F_3	F_4
Скиди	-0,41	0,85	-0,08	0,02
Q	-0,11	0,90	-0,17	-0,37
мінералізація	-0,86	-0,38	-0,09	-0,21
HCO ₃	-0,03	0,86	-0,41	-0,09
SO ₄	-0,80	-0,53	-0,18	-0,11
Cl	-0,75	-0,01	0,27	-0,46
Ca	-0,85	-0,20	-0,28	-0,09
Mg	-0,85	-0,44	-0,17	0,08
Na+K	-0,71	-0,65	0,11	-0,00
Завислі речовини	-0,84	-0,41	-0,04	0,09
pH	0,14	0,66	0,60	-0,27
NH ₄	-0,40	0,84	-0,32	-0,06
NO ₂	-0,47	0,66	0,11	0,12
NO ₃	-0,61	-0,63	0,41	0,08
PO ₄	-0,42	-0,88	-0,10	0,16
O ₂ абс.	0,69	0,40	0,42	-0,31
O ₂ % насичення	0,48	-0,80	0,08	-0,26
БО	-0,83	0,40	-0,15	0,29
БСК	-0,52	0,72	0,11	0,33
Cu	-0,32	0,03	0,77	0,37
Zn	0,05	0,87	0,02	0,47
Fe	-0,75	0,15	0,48	-0,02
Mn	-0,81	0,45	0,08	-0,22
нафтопродукти	-0,79	0,45	0,30	-0,16
феноли	-0,77	0,28	-0,19	-0,18
Власні значення λ_j	9,92	9,02	2,26	1,38
Значущість факторів, %	39,7	36,1	9,06	5,51

Примітки: факторні навантаження значні ($\beta=0,01$) при їх абсолютних значеннях понад 0,71.

Аналіз ознакової структури фактора F_1 показує, що навантаження даного фактора визначається переважно від'ємним зв'язком з концентраціями більшості головних іонів, мінералізацією води, завислими речовинами (-0,84), БО (-0,83), залізом, марганцем та специфічними забруднюючими речовинами.

Фактор F_1 несе в собі 36,1% інформації щодо формування гідроекологічного стану басейну р. Інгулець. Аналіз ознакових навантажень даного фактора показує, що він має значний прямиий зв'язок зі скидами виробничих та господарсько-побутових стічних вод (0,85), витратами води (0,86), амонійним азотом (0,84), БСК (0,87), цинком (0,72) та від'ємний зв'язок з фосфатами (-0,88) і відносним вмістом кисню (-0,80). Обрахована величина значущості факторів F_3 та F_4 – низька, тому ними можна нехтувати.

Отримані ряди об'єднані за допомогою алгоритму деревоподібної кластеризації. Найбільш важливим результатом, отриманим в результаті деревоподібної кластеризації є дендрограма (рис. 2).

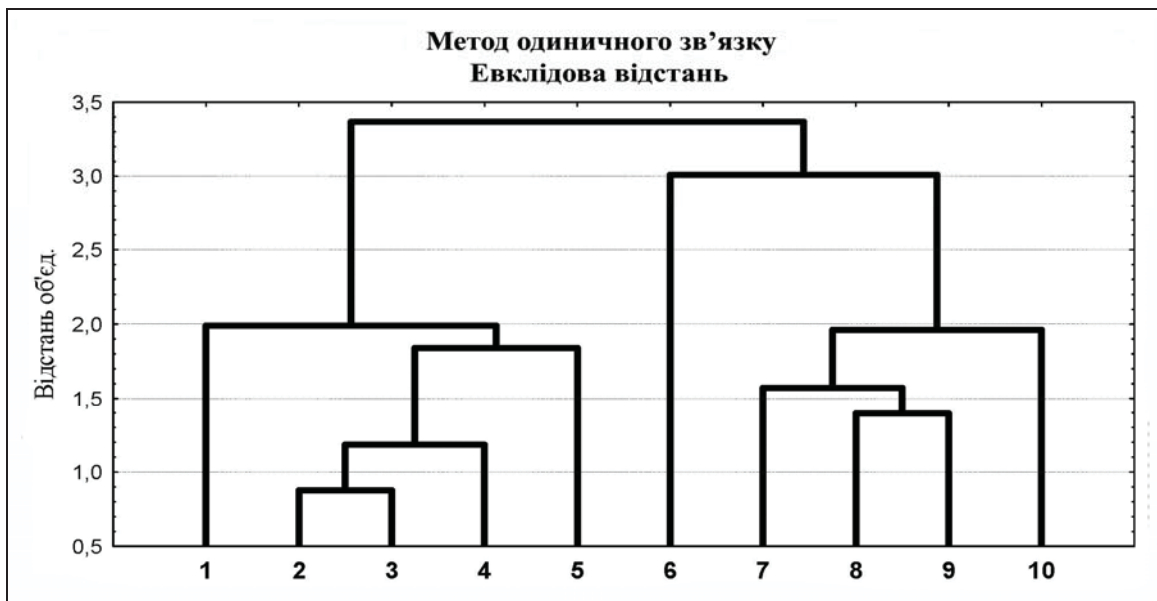


Рис. 2. Дендрограма результатів кластерного аналізу параметрів територіальної структури басейну р. Інгулець

Побудоване ієрархічне дерево дозволяє чітко простежити послідовність утворення гідроекологічних райони на кожному кроці і добре відображає міру подібності (відмінності) досліджуваних частин річкового басейну відповідно до заданих параметрів. Ієрархічна структура гідроекологічних систем, виділених нами в межах басейну р. Інгулець, представлена в табл. 3 та на рис. 3.

Висновки. Проведені дослідження показали, що в гідроекологічному відношенні для басейну р. Інгулець характерна чітка просторова неоднорідність. Це пов'язано, перш за все, з особливостями господарської діяльності. В межах території досліджень функціонує декілька водогосподарських систем, що докорінно змінила гідролого-гідрохімічний режим річок.

Таблиця 3. Результати кластерного аналізу параметрів територіальної структури басейну р. Інгулець

ГІДРОХІМІЧНИЙ ПОСТ	ПОСТ №	КЛАСТЕР	ВІДСТАНЬ
р.Інгулець - м.Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1	3	0,00
р.Інгулець - м.Кривий Ріг, в межах міста	2	5	0,18
р.Інгулець - м.Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	3	5	0,16
р.Інгулець - м.Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	4	5	0,20
р.Інгулець - с.Садове, 1,2 км. нижче села	5	2	0,00
р.Жовта - с.Іскрівка	6	4	0,20
р.Бокова - с.Валове	7	1	0,16
р.Боковенька - с.Великофедорівка	8	1	0,11
р.Саксагань - м.Кривий Ріг	9	4	0,20
р.Вісунь - с.Березнегувате	10	1	0,13

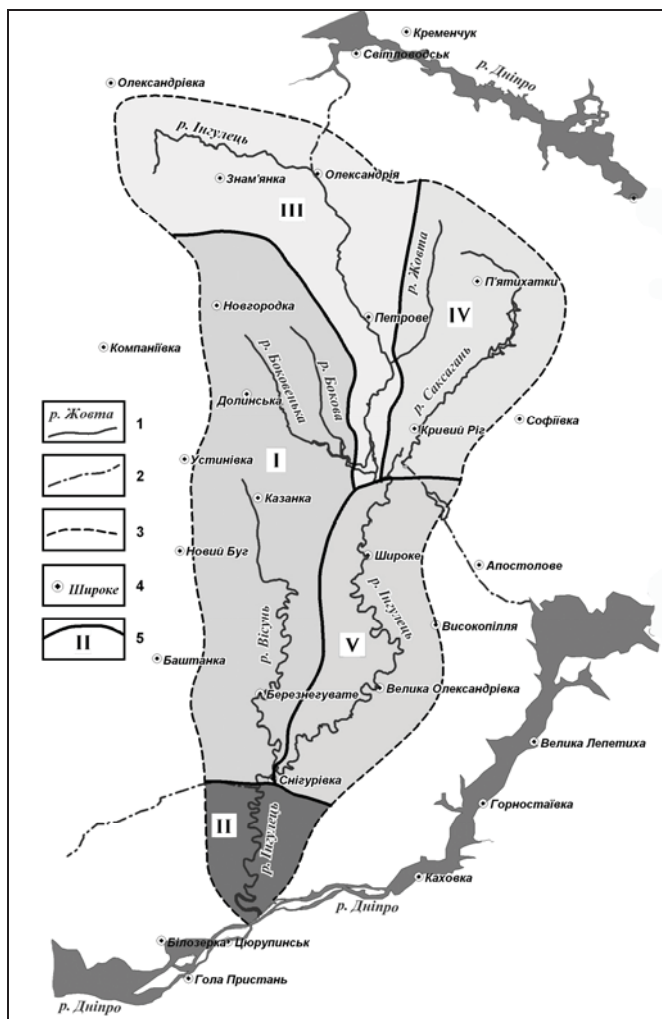


Рис. 3. Гідроекологічне районування басейну р. Інгулець:

1 – річка та її назва; 2 – канали; 3 – межі річкового басейну; 4 – населений пункт; 5 – межі гідроекологічних районів та їх номери: I – Правобережний; II – Нижньоінгулецький (Інгулецько-Дніпровський); III – Верхньоінгулецький; IV – Саксагань-жовтоводський; V – Середньоінгулецький.

За результатами математико-статистичного аналізу виділено два основні фактори формування гідроекологічного стану річкового басейну, один з яких пов'язаний з водовідведенням використаних господарсько-побутових та виробничих стічних вод.

На основі кластерного аналізу було визначено детальну ієрархічну структуру гідроекологічних систем в басейні р. Інгулець і виділено п'ять гідроекологічних районів.

Перший район охоплює основні праві притоки (річки Бокова, Боковенька та Вісунь), гідроекологічний стан яких формується під переважним впливом природних факторів.

Другий район розташований на відрізку від гирла р. Інгулець до м. Снігурівка (близько 80 км). Хімічний склад річкової води на даній ділянці залежить від дніпровської води, що «антирікою» надходить вверх по руслу Інгульця внаслідок функціонування Інгулецької зрошувальної системи.

Третій район займає верхів'я р. Інгулець. Гідроекологічний стан

ділянки визначається в основному обсягом подачі дніпровської води по каналу Дніпро-Інгулець.

Середня частина басейну знаходиться в межах Криворізького територіального-виробничого комплексу. Значна кількість промислових об'єктів та виробничих підприємств в районі м. Кривий Ріг, м. П'ятихатки, м. Жовті Води та відносно менша їх концентрація на решті території стали основою для виділення четвертого і п'ятого гідроекологічних районів – Середньоінгулецького та Саксагань-жовтоводського.

Список літератури

1. *Багрій І.Д.* Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення / [І.Д. Багрій, П.Ф. Гожик, Е.В. Самоткал та ін.]. – К. : Фенікс, 2005. – 213 с. 2. *Гребінь В.В.* гідролого-гідрохімічне районування: історія та сучасний стан / В.В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т.2 – С. 83-93. 3. *Закревский Д.В.* Сток химических компонентов рек Украинской ССР / Д.В. Закревский, В.И. Пелешенко, В.К. Хильчевский // Водные ресурсы. – 1988. – Т. 15, № 6. – С. 63-73. 4. *Иванов В.А.* Морские устья рек Украины и устьевые процессы. Учебник в 2-х частях / В.А. Иванов, Р.Я. Миньковская. – Севастополь : НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – С. 806. 5. *Кравчинський Р.Л.* Характеристика водогосподарської діяльності в басейні р. Інгулець / Р.Л. Кравчинський, В.К. Хильчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – № 16. – С. 72–82. 6. *Мурзина Т.А.* Экологическое состояние реки Ингулец / Т.А. Мурзина, А.И. Дворецкий // Вопросы химии и химической технологии. – 2002. – № 5. – С. 238-241. 7. *Самойленко В.М.* Основи системного гідроекологічного районування територій / В.М. Самойленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т.2. – С. 95-110.

Про гідроекологічне районування басейну р. Інгулець

Кравчинський Р.Л., Хильчевський В.К.

На основі натурних спостережень і лабораторних досліджень встановлено особливості формування гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод басейну р. Інгулець. Здійснено математико-статистичний аналіз основних параметрів територіальної структури річкового басейну (гідролого-гідрохімічні та водогосподарські умови) та здійснено гідроекологічне районування території досліджень.

Ключові слова: *гідроекологічне районування; факторний аналіз; кластеризація; гідрохімічний режим; хімічні компоненти; водогосподарська діяльність.*

О гидроэкологическом районировании бассейна р. Ингулец

Кравчинский Р.Л., Хильчевский В.К.

На основе натурных наблюдений и лабораторных исследований установлены особенности формирования гидрохимического режима и качества поверхностных вод бассейна р. Ингулец. Осуществлено математико-статистический анализ основных параметров территориальной структуры речного бассейна (гидролого-гидрохимические и водохозяйственные условия), осуществлено гидроэкологическое районирование территории исследований.

Ключевые слова: *гидроэкологическое районирование; факторный анализ; кластеризация; гидрохимический режим; химические компоненты; водохозяйственная деятельность.*

About the hydroecological districting of Ingulets river basin

Kravchinskiy R., Khilchevskiy V.

On the basis of model supervisions and laboratory researches set the features of forming the hydrochemical mode and quality of surface-water of the Ingulets river basin. It was made the mathematical-statistics analysis of basic parameters the territorial structure of the river basin (hydrology-hydrochemical and aquicultural terms) and carried out the hydroecological districting of territory researches.

Keywords: *hydroecological districting; factor analysis; clusterization; hydrochemical mode; chemical components; aquacultural activity.*

Надійшла до редколегії 03.12.10

УДК (502.63+504.4) : 913 (477-25)

Іванок Д.В., Самойленко В.М.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНОВОЇ ГЕОСИСТЕМИ ДЕСНИ ЗА КРИТЕРІЯМИ ВОДНО- ЯКІСНОЇ ПАРАМЕТРИЧНО-ІНТЕГРАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ

Ключові слова: *якість поверхневих вод; оцінка; басейнова геосистема; Десна; параметрично-інтегральна стійкість*

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку суспільства, коли у його відносинах з довкіллям переважає експлуатаційний принцип, на перший план виходить проблема збереження інваріантної структури басейнових геосистем для забезпечення виконання ними як суто природних, так і специфічних природно-соціально-економічних функцій. За таких умов особливого значення набуває дослідження стійкості басейнових геосистем як властивості, що, передусім, і характеризує їхню здатність зберігати при антропогенних і природних впливах власні природні властивості, структуру та типові (класифікаційні) особливості.

У цьому контексті за першочергове завдання править об'єктивна оцінка стійкості басейнових геосистем, яку, з огляду на їхню специфіку, чисельно можна визначити на основі методики комплексної оцінки за критеріями водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості.

Басейнова геосистема річки Десна, з її понад тисячокілометровою довжиною і значною площею водозбору, виконує ряд важливих природно-соціально-економічних функцій (зокрема, вода річки використовується для потреб питного та промислового водопостачання), тому оцінка її стану має на меті визначити можливі природоохоронні заходи, спрямовані на забезпечення стійкості цієї геосистеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В основу дослідження покладено наукові розробки Самойленка В.М. у сфері гідроінвайронментології ([1]). При цьому бралися до уваги, по-перше, методики та результати оцінки якості води вітчизняних гідрохіміків і гідроекологів (Сніжка С.І., Осадчого В.І.,

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.1(22)