

## ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКІВ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПЛАНЕТИ НА ПІДСТАВІ ГРАФА МІГРАЦІЇ РЕЧОВИН У ПРИРОДІ

Блажкевич Т.П.

*Житомирський національний агроекологічний університет*

**Постановка проблеми.** В сучасних еколого-економічних умовах людство все частіше приходить до висновку, що водні ресурси є не тільки середовищем існування деяких живих організмів, важливим транспортним шляхом, універсальним розчинником всіх видів речовин, а ще є одним із основних продуктів харчування живих організмів. Існують живі організми, які використовують в їжу тільки рослинну речовину або лише плоть інших живих організмів, однак немає ні одного виду живих організмів, який не використовував би в їжу воду.

З потеплінням атмосфери планети Земля обсяги прісної води збільшуються завдяки таненню льодовиків, випарюванню поверхневих вод океанів та інших водних об'єктів, транспірації ґрунтових і поверхневих вод рослинністю (схема 1) [6, с.152-153].

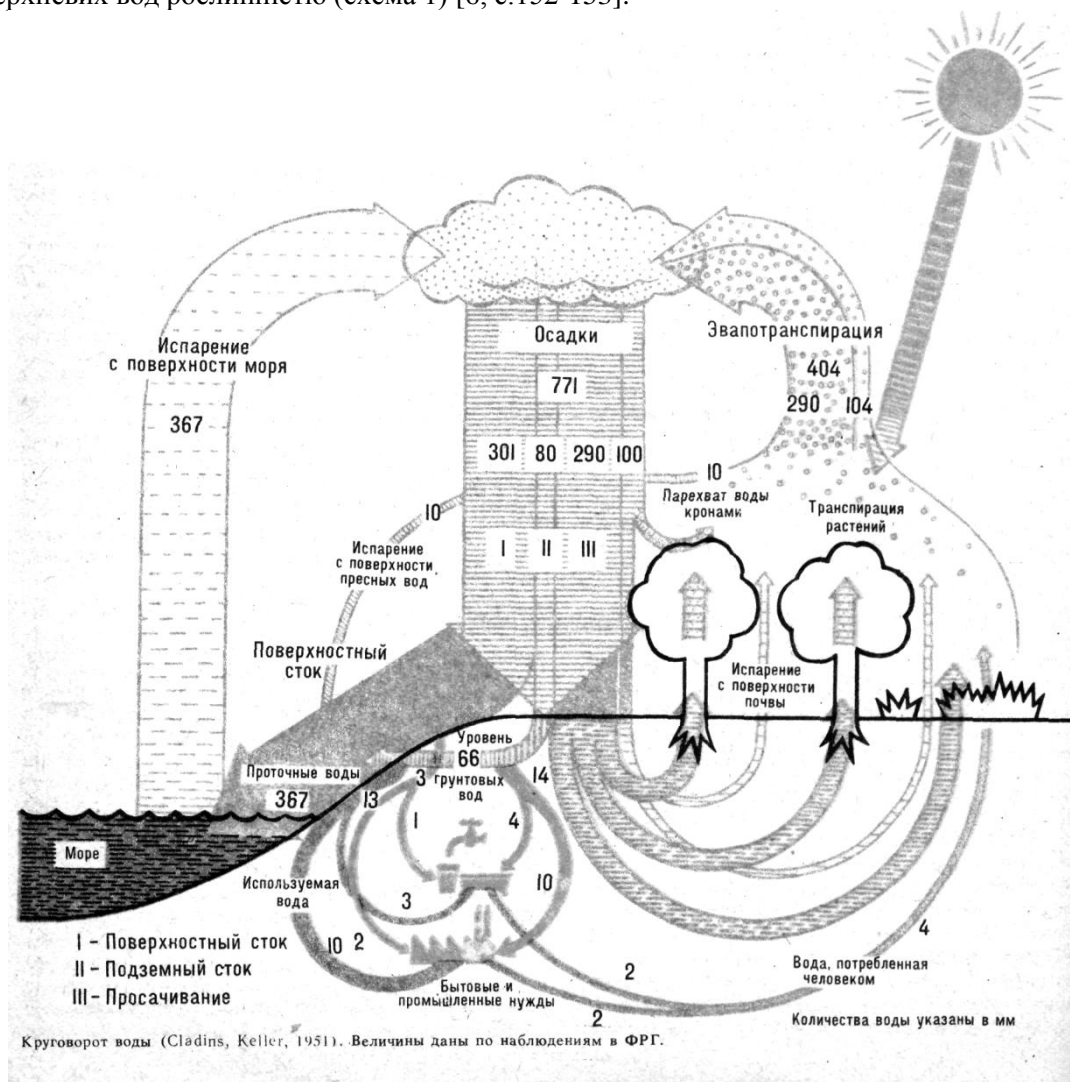


Рис. 1. Кругообіг води в природі. Джерело: адаптовано [Дедю, с. 152].

На рисунку 1 показано сучасне уявлення кругообігу води у біосфері як процес безперервного, взаємопов'язаного переміщення води на землі, який проходить під впливом сонячної радіації, життєдіяльності живих організмів, сил тяжіння, господарської діяльності людини. Такий кругообіг складається із випарювання (особливо з поверхні Світового Океану), конденсації, утворення хмар, випадання з них опадів та формування стоків (поверхневого та підземного) у Світовий Океан. Режим кругообігу води складається із загальної суми опадів, які випадають на поверхню Земної кулі, що

приблизно дорівнює випарюванню – 519 тис. км<sup>3</sup>. Тому водні ресурси відносять до категорії невичерпних.

Останнім часом спостерігається все більша нестача питної води для зростаючого населення планети. Критичне становище нестачі питної води для людей та інших жителів планети ускладнюється також тим, що якість питної води дедалі погіршується і стає непридатною для вживання живими організмами, тобто стає загрозливою для біологічної форми існування живої речовини.

Останні явища є особливо загрозливими, оскільки прісна вода життєво необхідна для пиття, санітарно-гігієнічних цілей, сільського господарства, промисловості, міського будівництва, виробництва електроенергії, рибальства в материкових водоймах, транспортних перевезень, відпочинку й багатьох інших сфер життєдіяльності людини.

**Актуальність.** Водні ресурси, після атмосферних ресурсів, мають найважливіше значення для існування живої речовини взагалі – життя природи.

У сучасній мегаекосистемі виникла парадоксальна ситуація:

з одного боку, через потепління клімату на планеті збільшується кількість води в Світовому океані, що супроводжується чисельними зливами, повенями, підйомами ґрунтових вод, іншими катастрофічними явищами, які спостерігаються в останні роки на нашій планеті;

з другого боку, ресурсів прісної води стає все менше, про що свідчать переконливі спостереження міжнародної спільноти.

**Методологія дослідження.** Вирішення вказаних проблем підвищення складності можливе лише на основі спеціальної теоретичної бази із застосуванням сучасних досягнень математичного дослідження еколого-економічних процесів і систем.

Об'єктом дослідження є речовинно-, енергетично-, інформаційні потоки в біосфері. Вирішення поставлених у статті завдань здійснювалось на підставі аналізу статистичних даних динаміки якості водних об'єктів. Для теоретичного обґрунтування міграції елементів у водних об'єктах було використано абстрактно-логічний метод дослідження, а саме прийоми аналізу і синтезу. Для оцінки сучасного стану міграції забруднюючих речовин у водних об'єктах було використано метод групування.

**Виклад основного матеріалу.** Для усунення подібних проблем, що загрожують великою небезпекою для існування людства та самого життя на планеті, необхідно знайти способи забезпечення всіх живих істот необхідною кількістю доброякісної прісної води. Для цього діяльність людини повинна вписуватися в ті рамки, які встановлені самою природою, щоб зберегти нормальне функціонування мегаекосистеми.

Інтенсивна господарська діяльність, як і екстенсивна, є природоруйнівною і неекологічною, оскільки вона тісно пов'язана з інтенсивністю забруднення навколишнього середовища, інтенсивністю забруднення водних ресурсів, тощо. Тому екологічна господарська діяльність повинна відповідати закону оптимальності, який стверджує, що з найбільшою ефективністю екосистема функціонує в певному просторі та часі, а її розміри повинні відповідати цим функціям. Пошук таких розмірів у даному просторі та часі складає основну мету еколого-економічної оптимізації використання водних ресурсів господарської діяльності. Критерії такої оптимізації залежать від способів використання водних ресурсів навколишнього середовища, які відповідають певним екологічним постулатам.

Таке визначення ресурсу дозволяє математично чітко формалізувати процеси його використання та відтворення. Для цього спочатку необхідно навести кількісні та якісні показники і характеристики ресурсів. Показником, чи параметром, вважатимемо кількісну оцінку тієї чи іншої властивості ресурсу, а характеристикою – залежність одного показника від інших або від кількісної оцінки зовнішніх умов. Найбільш загальними або інтегральними показниками ресурсів є їхні запаси та ємкість.

Запасом ресурсу називають кількість речовини чи речовин, які складають цей ресурс і використовуються людиною у господарській діяльності. Так, запаси всіх ресурсів біосфери оцінюють загальною масою органічної і неорганічної (косної) речовини від  $2,5 \cdot 10^{18}$  до  $3 \cdot 10^{18}$  т, вага тропосфери –  $4 \cdot 10^{15}$  т, гідросфери –  $1,4 \cdot 10^{18}$  т, літосфери –  $1,6 \cdot 10^{18}$  т. Загальний об'єм запасів біомаси як кількість живої речовини організмів, їхніх видів, а також продуктів їхньої життєдіяльності оцінюють в  $1,8 \cdot 10^{12}$  т, вага живої біомаси складає  $1,4 \cdot 10^{11}$  т, у тому числі продуцентів –  $1,3 \cdot 10^{11}$  т, консументів –  $1,3 \cdot 10^{10}$  т, редуцентів –  $1,4 \cdot 10^8$  т.

Водні ресурси оцінюються запасами: 1) води і вологи у ґрунті – кількості води в мм або м<sup>3</sup>/га, що знаходиться у продуктивному шарі ґрунту; 2) води у низовому шарі – кількості води, яка

утримується у твердих опорах і накопичується на поверхні землі до деякого часу; 3) підземних вод – кількості води водоносних горизонтів гірських порід. Ресурси підземних вод складають: 1) мертвий запас, недоступний для живих організмів (рослин і тварин); 2) геологічний, що бере участь у підземних стоках; 3) статичний чи віковий, який утримується у водоносних горизонтах з вільним дзеркалом нижче рівня річного коливання; 4) динамічний або активний, який щорічно відновлюється пропорційно природним витратам; 5) загальний, який складають статичний і динамічний запаси; б) експлуатаційний – вода, яку використовує людина як частку динамічного запасу без погіршення її якості за амортизаційний термін водозабору. Залежно від ступеня дослідження запасів, якості води та умов її використання ці запаси розподіляють на такі категорії: А – легкодоступні, В – середньодоступні, С<sub>1</sub> – малодоступні і С<sub>2</sub> – попередньодоступні. Ємкість (звичайно для водосховищ) оцінюють як загальний об'єм, який займає корисна речовина.

Для комплексної балансової оцінки водних ресурсів використовується система рівнянь водного балансу суходолу:

$$\{R = V + S; P = V + S + E; W = P - S = V + E\},$$

де R – повний річковий стік; V – підземний стік у річці; S – поверхневий стік (паводковий); P – атмосферні опади; E – випаровування; W – валове зволоження території. Загальний об'єм річних опадів на землі в цілому дорівнює випаровуванню і становить 520 тис. км<sup>3</sup>. За допомогою цих рівнянь можна оцінити різні джерела води у взаємозв'язку, відповідно до властивостей природної єдності вод.

Запаси біоресурсів слід визначати за узагальненою екологічною пірамідою (графом), структурою трофічних, речовинних, енергетичних та інформаційних зв'язків у глобальній екосистемі – біосфері Землі (рис. 2).

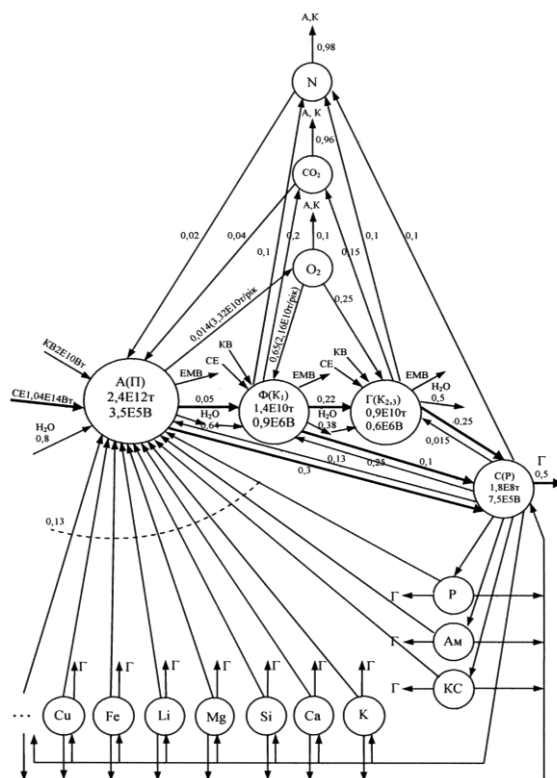


Рис. 2. Граф міграції речовин у природі. Джерело : власні дослідження.

Трофічні (харчові) рівні являють собою сукупності організмів, які отримують перетворену на їжу енергію Сонця або хімічних реакцій через однакову чисельність посередників трофічного ланцюга. До них відносяться: 1) автотрофи (продуценти) А(П) у кількості  $3,5 \cdot 10^5$  видів загальною масою  $2,4 \cdot 10^{12}$  т, які безпосередньо синтезують органічну речовину з неорганічних сполук з використанням енергії Сонця (фітотрофи) або хімічних реакцій (хемотрофи) у формі вищих рослин (крім паразитних і сапротрофних), водоростей та деяких бактерій типу пурпурних, залізо- та сіркобактерій; 2) фітофаги (консументи першого порядку) Ф(К<sub>1</sub>) у кількості  $0,9 \cdot 10^6$  видів загальною масою  $1,4 \cdot 10^{10}$  т, які вживають виключно рослинну їжу (наприклад, травоїдні або рослиноїдні

тварини, листогризучі та червоточні комахи, усі копитні та гризуни); 3) інші гетеротрофи (консументи другого, третього та інших порядків  $\Gamma(K_2, K_3$  тощо) у кількості  $0,6 \cdot 10^6$  видів загальною масою  $0,9 \cdot 10^{10}$  т, які використовують для їжі лише (зоофаги) або переважно (змішане харчування) органічну речовину, створену іншими видами тварин, і звичайно не здатні синтезувати своє тіло з неорганічних речовин; до них відносять хижаків або м'ясоїдних тварин, паразитарні та комахоїдні рослини, деякі гриби і більшість мікроорганізмів; 4) сапротрофи (редуценти)  $C(P)$  у кількості  $7,5 \cdot 10^5$  видів загальною масою  $1,8 \cdot 10^8$  т, які головним чином являють собою бактерії та гриби, харчуються рештками загиблих живих організмів, руйнуючи їхні мертві тіла, розкладаючи органічні рештки на неорганічні елементи, придатні в їжу редуцентам.

Добре відомі процеси міграції хімічних, механічних та енергетичних елементів у Природі. Основним процесом переносу цих елементів є кругообіг води у біосфері, яка живить речовинами всі, навіть самі малі, об'єкти (мікроби, клітини, інші живі організми, мікро-, мезо-, макроекосистеми, всю біосферу в цілому).

Будь-яка послідовність потоків (стрілок на рис. 1) являє собою інформаційний, енергетичний, речовинний або трофічний ланцюг, якщо розглядати, відповідно, процес перетворення інформаційних, енергетичних, речовинних ресурсів або ряд видів живих організмів, у якому попередня ланка служить їжею (біоресурсом) для наступної. Замкнений ланцюг, який виходить з деякого кружечка і повертається в нього, називають циклом, кругом, кругообігом інформації, енергії та речовини [1, с. 179].

Енергетичним забезпеченням потоків міграції речовини є: 1) надходження сонячної енергії (СЕ) та космічних випромінювань (КВ) на поверхню Землі в кількості приблизно  $5,2 \cdot 10^{15}$  Вт; 2) уживання цієї енергії рослинами в процесі фотосинтезу загальним обсягом приблизно  $1,04 \cdot 10^{14}$  Вт або близько 0,2% її надходження, а також споживання цієї енергії гетеротрофами в порівняно незначних кількостях для зігрівання організму та отримання інформації. Причому витрати енергії на дихання – поглинання та виділення води (В), кисню ( $O_2$ ), водню (Н), вуглецю ( $CO_2$ ), азоту (N) та інших речовин – складають для автотрофів 65%, фітофагів – 20%, консументів – 20%, редуцентів – 5%. Порівняно з ними витрати на електромагнітне випромінювання (ЕМВ) живого організму, яке завжди існує при певній температурі тіла, протіканні біотоків мозку та центральної нервової системи, буде дуже малим.

Таблиця. Кількісні характеристики міграції хімічних елементів

| Позначення   | Відсоток від загальної біомаси |
|--|--------------------------------|
| <i>від <math>A(II)</math> до <math>\Phi(K_1)</math></i>            | 5%                             |
| <i>від <math>A(II)</math> до <math>C(P)</math></i>                 | 30%                            |
| <i>від <math>\Phi(K_1)</math> до <math>\Gamma(K_2, K_3)</math></i> | 22%                            |
| <i>від <math>\Phi(K_1)</math> до <math>C(P)</math></i>             | 10%                            |
| <i>від <math>\Gamma(K_2, K_3)</math> до <math>C(P)</math></i>      | 25%                            |
| <i>від <math>C(P)</math> до <math>A(II)</math></i>                 | 13%                            |
| <i>від <math>C(P)</math> до <math>\Phi(K_1)</math></i>             | 25%                            |
| <i>від <math>C(P)</math> до <math>\Gamma(K_2, K_3)</math></i>      | 1,5%                           |
| <i>від <math>C(P)</math> в геологію (<math>\Gamma</math>)</i>      | 50%                            |

Джерело : власні дослідження

Отже виникає можливість застосування математичної теорії графів для дослідження динаміки та фінального стану речовинно-енергетичних потоків в мегабіосфері, що є науковою базою прогнозування деградації будь-яких екологічних систем та біосфери в цілому. Оскільки людина є частиною природи, частиною біосфери, то прогнозування їх стану є базою формулювання принципів сталого розвитку світової економіки. Першим етапом формулювання принципів сталого розвитку суспільства є наукове обґрунтування використання водних ресурсів планети для забезпечення людства якісною питною водою та технологічними водами, необхідними для раціонального виробництва суспільного продукту.

## **Висновки та перспективи використання результатів дослідження.**

1. Виробництво продуктів харчування для зростаючого населення планети в значній мірі залежить від наявності якісної прісної води. Однак іригаційні системи постраждали від заболочування й засолення, не є ефективними, у результаті чого знижується сільськогосподарська цінність земель. Більшість із цих проблем є наслідком екологічно руйнуючої моделі розвитку живої речовини, а також відсутності у населення відповідної інформації й знань про необхідність і способи захисту джерел прісної води. Не все людство планети розуміє різницю між тією або іншою моделлю розвитку мегаекосистеми, її впливу на водні ресурси, зв'язку кількісного і якісного стану ресурсів прісної води із добробутом живих спільнот. Для усунення подібних проблем, що загрожують великою небезпекою для існування людства та самого життя на планеті, необхідно знайти способи забезпечення всіх живих істот необхідною кількістю доброякісної прісної води. Для цього діяльність людини повинна вписуватися в ті рамки, які встановлені самою природою, щоб зберегти нормальне функціонування мегаекосистеми. Реалістична стратегія задоволення нинішніх і майбутніх потреб у прісній воді полягає в розвитку недорогих технологій, які відповідали б необхідним вимогам і які створювалися б та експлуатувалися б на місцевому рівні.

2. На підставі аналізу кругообігу води в біосфері (рис. 1) побудовано граф міграції речовин у природі (рис. 2), на якому показано сучасне уявлення кругообігу води у біосфері, і який дозволяє прогнозувати сучасний стан навколишнього середовища та ресурсів, які використовуються в господарській діяльності.

3. Дослідження потоків елементів у водних об'єктах на підставі розробленої моделі (графа) міграції речовин у природі (рис. 2) можуть бути визначені кількісні характеристики потоків водних ресурсів планети. Отримана інформація про стан навколишнього середовища є дуже важливою для організації та планування господарської діяльності.

4. Для забезпечення населення якісною питною водою необхідно подальше дослідження кількісних та якісних характеристик води. Побудований граф міграції речовинних, енергетичних та інформаційних потоків дозволяє розраховувати кількісні та якісні характеристики питної води та інших ресурсів біосфери. За цим графом в подальших дослідженнях будуть складені диференційні рівняння, розв'язок яких дозволить прогнозувати стан біосфери згідно з визначеними вище значеннями потоків інформації, яка може бути використана для ведення оптимальної господарської діяльності суспільства.

## **Література**

1. Блажкевич Т.П. Економіка природокористування: навч.-метод. посіб. / Т.П. Блажкевич, В.В. Волочков. – Житомир: Вид-во “Житомирський національний агроекологічний університет”, 2008. – 424 с.
2. Великий тлумачний словник сучасної української мови / уклад. і голов. ред. В.Т. Бусел. – К.; Ірпінь: ВТФ “Перун”, 2007. – 1736 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера. Избранные труды по биогеохимии / В.И. Вернадский. – М.: Мысль, 1967. – 376 с.
4. Вернадский В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
5. Вернадский В.И. Химическое строение Биосферы Земли и её окружения / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 2001. – 376 с.
6. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь / И.И. Дедю. – Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1990. – 408 с.
7. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підруч. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.
8. Рациональное использование водных ресурсов: учеб. / С.В. Яковлев, И.В. Прозоров, Е.Н. Иванов, И.Г. Губий. – М.: Высшая шк., 1991. – 400 с.
9. Рациональное использование водных ресурсов: учеб. пособие / Ю.П. Беличенко [и др.]. – Свердловск: Урал. ун-т, 1990. – 175 с.
10. Реймерс Н.Ф. Природопользование: слов.-справ. / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
11. Сучасний словник іншомовних слів: Близько 20 тис. слів і словосполучень / уклали: О.І. Скопенко, Т.В. Цимбалюк. – К.: Довіра, 2006. – 789 с.
12. Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн. – К.: Генеза, 2004. – Т. 1, кн. 1–2. – 400 с.; Т. 2, кн. 3–4. – 384 с.; Т. 3, кн. 5. – 496 с.; Т. 4, кн. 6–7. – 680 с.