

ISSN 2306-9716

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

---

# ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

---

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

**1 / 2015 (8)**

---

КИЇВ – 2015

УДК 502+504  
ББК 20.1

*Друкується за рішенням Вченої Ради Державної  
екологічної академії післядипломної освіти та  
управління (протокол № 5-14 від 22.12.2014)  
Свідоцтво про державну реєстрацію  
КВ № 15768-4240 р.*

**Екологічні науки: науково-практичний журнал** / Головний редактор  
О.І. Бондар. – К.: ДЕА, 2015.– №8.– 214 с.

**Головний редактор:**

Бондар О.І., член-кореспондент НААНУ, д.б.н., проф.

**Заступник головного редактора:**

Нагорнева Н.А.

**Науковий редактор:**

Машков О.А., д.т.н., проф.

**Відповідальний редактор:**

Сікачина В.Г.

**Відповідальний секретар:**

Трофименко Ю.І.

**Редакційна колегія:**

Аверін Г.В., д.т.н.; Азаров С.І., д.т.н.;

Азасков В.М., д.т.н.; Байрак О.М., д.б.н.;

Барабаш О.В., д.т.н.; Барановська В.С., к.е.н.;

Белецький В.М., д.т.н. (Польща);

Білявський Г.О., д.г.-м.н.;

Богдасаров М.А., д.г.-м.н. (Республіка Білорусь)

Бондаренко О.А., д.б.н.; Вашенко В.М., д.ф.-м.н.;

Галушкіна Т.П., д.е.н.; Гавриленко В.В., д.т.н.;

Глушков О.В., д.ф.-м.н.; Дутов О.І., д.с.-г.н.;

Захматов В.Д., д.т.н.; Зубова Л.Г., д.т.н.;

Льїн В.М., д.б.н.; Льїн О.Ю., д.т.н.;

Іващенко Т.Г., к.т.н.;

Козелков С.В., д.т.н.; Коростіль Ю.С. (Польща), д.т.н.;

Костишин С.С., д.б.н.; Кравченко Ю.В., д.т.н.;

Крайнов І.П., д.т.н.; Кутлахмедов Ю.О., д.б.н.;

Лапшин Ю.С., д.т.н.; Левченко О.М., д.е.н.;

Мальований М.С., д.т.н.;

Машков В.А. (Чехія), д.т.н.;

Машков О.А., д.т.н.; Мокін В.Б., д.т.н.;

Моргун В.А., д.і.н.; Неділько С.М., д.т.н.;

Пашков Д.П., д.т.н.; Пекло А.М., к.б.н.;

Петриашвили Г., д.т.н. (Польща);

Петрук В.Г., д.т.н.;

Рудько Г.І., д.т.н., д.г.-м.н., д.г.н.;

Саталкін Ю.М., к.т.н.; Соколов Ю.М., д.т.н.;

Тимошенко М.М., к.т.н.; Третяк А.М., д.е.н.;

Трофимчук О.М., д.т.н.; Тупкало В.М., д.т.н.;

Христо Атанасов Крагунов (Болгарія),

PhD, професор;

Чумаченко С.М., д.т.н.; Шматков Г.Г., д.б.н.;

Prof.Dr. Clemens Walther (Німеччина)

Prof.Dr. Jan-Willem Vahlbruch (Німеччина)

Prof.Dr. Stefan Bister (Німеччина)

Науково-практичний журнал «Екологічні науки» входить до переліку наукових фахових видань із двох галузей наук: Біологічні науки (Наказ Міністерства України №153 від 14.02.2014), Технічні науки (Наказ Міністерства України №642 від 16.05.2014).

Журнал публікує (після рецензування та редагування) статті, які містять нові теоретичні та практичні здобутки в галузі екологічних наук.

© Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2015

**ЗМІСТ**

<b>ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b> .....	5
<b>Бондар О.І., Дутов О.І.</b> Зона гарантованого добровільного відселення внаслідок чорнобильської катастрофи. Радіаційно-екологічна критичність продукції .....	5
<b>Стискал О. А., Петрук В. Г.</b> Екологічна безпека знезараження питної води в Україні як загроза онкологічних захворювань .....	13
<b>Зуб Л. М., Томченко О.В.</b> Формування рослинного покриву та деякі особливості гідрохімічного режиму Київського водосховища .....	21
<b>Мнухин А.Г., Насекян Ю.П., Мнухина Н.А., Иващенко Т. Г., Денисенко И. Ю.</b> Очистка питьевых вод от биологических загрязнений в чрезвычайных ситуациях.....	33
<b>Ince I.,</b> Soil contamination with heavy metals as destruction prerequisite of underground metal constructions and ways of its prevention.....	39
<b>Шекк П.В.</b> Екологічні чинники формування природної продуктивності водойм північно-західного Причорномор'я .....	45
<b>ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ</b> .....	54
<b>Пляцук Л. Д., Черныш Е. Ю.</b> Эколого-синергетический подход к процессу накопления и утилизации иловых осадков.....	54
<b>Лозовіцький П.С., Томахін М.Л.</b> Екологічний стан Куяльницького лиману й необхідність його поповнення морською водою .....	69
<b>Стратічук Н. В., Пилипенко Ю. В.</b> Сучасні тенденції збереження екологічної рівноваги зрошуваних агроландшафтів .....	86
<b>ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ</b> .....	93
<b>Погурельський С. П., Цвілій О.О., Яковенко Л.О.</b> Сучасний стан та напрямки розвитку стандартів і керівних документів екологічного менеджменту .....	93
<b>Кофанова О. В.</b> Энергобалансованный розвиток автотранспортного сектора – шлях до сталого майбутнього країни .....	111
<b>Лапшин Ю.С.</b> К вопросу о повышении эффективности солнечных электростанций.....	121
<b>Лапшин Ю.С.</b> К вопросу о леерной энергетике, использующей ветры больших высот .....	131

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ.....	139
Готинян В.С., Кучма Т.Л., Івашина О.В. Перспективи використання геоінформаційних технологій в екотуризмі.....	139
Бондар О.І., Машков О.А., Пашков Д.П. Можливість оцінки транскордонного впливу діяльності хотиславського кар'єру на стан довкілля регіону на основі використання аерокосмічного моніторингу.....	150
<b>РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ.....</b>	<b>172</b>
Лисенко Г. М., Коломійчук В. П. Заповідні степи: абсолютно заповідний режим чи управління степовими екосистемами.....	166
Dubchak S. The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in <sup>134</sup> Cs uptake by crop and wild plant species.....	175
<b>ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО.....</b>	<b>185</b>
Липовий В.О., Удянський М.М. Техногенні ризики забруднення довкілля під час ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами.....	185
Шевцова Л. В., Глуховський П.В. Шляхи розв'язання екологічних проблем при будівництві високовольтної лінії електропередачі (ЛЕП) в дельті ріки Дністер.....	192
Мнухина Н.А. Шахтные воды и модельный раствор шахтных вод.....	201
<b>СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО.....</b>	<b>207</b>
Бондар М. О. Класифікація, механізм та динаміка екзогеодинамічних процесів.....	207
Відомості про авторів.....	207

---

## ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

---

УДК 631.95:628.516:615.849

### ЗОНА ГАРАНТОВАНОГО ДОБРОВОЛЬНОГО ВІДСЕЛЕННЯ ВНАСЛІДОК ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ. РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНА КРИТИЧНІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

Бондар О.І.<sup>1</sup>, Дутов О.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> доктор біологічних наук, член-кореспондент НААН

<sup>2</sup> доктор сільськогосподарських наук

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

Проаналізовано результати багаторічного моніторингу і контролю вмісту радіоактивного цезію в продукції, що виробляється в зоні гарантованого добровільного відселення внаслідок аварії на ЧАЕС. Встановлено, що у віддалений період розвитку радіаційної ситуації, найкритичнішою продукцією є сільськогосподарська, що виробляється на харчові потреби, зокрема молоко корів, що утримуються в особистих підсобних господарствах населення і лісова продукція (гриби, ягоди, дичина тощо). **Ключові слова:** радіаційно-екологічна критичність продукції, зони радіоактивного забруднення, питома активність радіонуклідів у сільськогосподарській продукції, <sup>137</sup>Cs, протирадіаційні заходи, нормативи вмісту радіонуклідів, віддалений період розвитку радіаційної ситуації

**Зона гарантированного добровольного отселения вследствие чернобыльской катастрофы. Радиационно-экологическая критичность продукции** А.И. Бондарь, А.И. Дутов. Проанализированы результаты многолетнего мониторинга и контроля содержания радиоактивного цезия в продукции, производимой в зоне гарантированного добровольного отселения вследствие аварии на ЧАЭС. Установлено, что в отдаленный период развития радиационной ситуации, наиболее критической является сельскохозяйственная продукция, которая производится на продовольственные цели, в частности молоко коров, содержащихся в личных подсобных хозяйствах населения и лесная продукция (грибы, ягоды, дичь и т.д.).

**The chernobyl guaranteed voluntary evacuation zone. Radiation and environmental criticality products** O.I. Bondar, O.I. Dutov. Results of long-term monitoring and control of ra-

radioactive cesium content in products produced in the zone of guaranteed voluntary evacuation after the Chernobyl accident were analyzed. It was established that in the prolong period of radiation situation, the most critical are agricultural products produced for nutritional needs, including cow milk from personal farms and forest products (mushrooms, berries, wild game, etc.).

## Вступ

Згідно чинного законодавства України [1, 2] до радіоактивно забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи віднесені території, на яких виникло стійке забруднення радіоактивними речовинами, що потребує вжиття заходів з радіаційного захисту населення та інших спеціальних втручань, зумовлених необхідністю обмеження додаткового опромінення населення. Найкритичніші з них віднесені до зони гарантованого добровільного відселення. На цієї території розташовано 841 населений пункт, а розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення населення, яке там постійно проживає і сьогодні може перевищувати 1,0 мЗв (0,1 бер) за рік [3, 4, 5].

За період після Чорнобильської катастрофи радіаційна ситуація в Україні значно поліпшилася. Відбулося це, насамперед, за рахунок природних процесів: фізичного розпаду короткоживучих радіонуклідів, їх іммобілізації ґрунтово-поглинальним комплексом, а також проведення радіаційного моніторингу і контролю сільськогосподарської продукції тощо [6, 7, 8].

Разом з тим, залишається багато проблем, пов'язаних з тим, що в структурі загальної дози опромінення населення переважає внутрішнє - з харчовими продуктами, які виробляються на радіоактивно забруднених територіях [9, 10, 11]. Тому визначення їх радіаційно-екологічної кри-

тичності у віддалений період розвитку радіаційної ситуації є актуальним і своєчасним завданням.

## Матеріали та методи досліджень

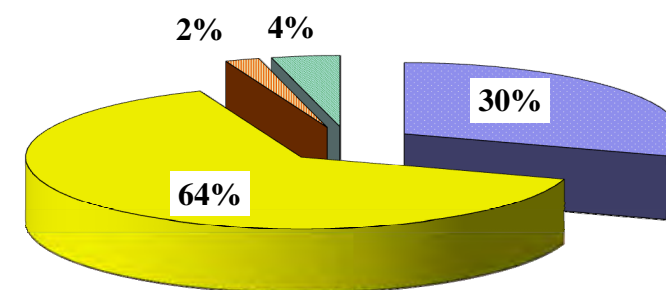
Вивчення радіаційно-екологічної критичності продукції у віддалений період розвитку радіаційної ситуації проводили у 5 найбільш забруднених областях України: (Волинська, Житомирська, Рівненська, Київська і Чернігівська). Вміст  $^{137}\text{Cs}$ , як основного дозоутворюючого радіонукліду, визначали спектрометричним методом на гамма-спектрометричному устаткуванні з напівпровідниковим детекторами GEM-30185, Ge(Li), GMX серії «EG&G ORTEC») з багатоканальним аналізатором ADCAM – 300. Відбір зразків та їх підготовка до аналізу здійснювали за загальноприйнятими методиками з урахуванням специфіки науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології [12].

Для оцінки накопичення радіонуклідів у врожаї за різної щільності забруднення ґрунту використовували коефіцієнт переходу (КП) радіоактивного цезію із ґрунту в рослини – вміст радіонукліду в рослині за щільності забруднення ґрунту, що дорівнює одиниці (Бк/кг повітряно-сухої маси рослин) / (кБк/м<sup>2</sup> ґрунту).

## Результати та їх обговорення

Структура продукції, вміст радіонуклідів в якій перевищує чинний

державний гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006 [13] представлено на рисунку 1.



■ Лісова продукція ■ Молоко ■ М'ясо ■ Продукція рослинництва

Рис. 1. Структура продукції, вміст  $^{137}\text{Cs}$  в якій перевищує (ДР-2006)

Умовно її можна розділити на три групи: продукція тваринництва (молоко і м'ясо ВРХ), продукція рослинництва (насамперед картопля і овочі) і продукція лісового походження (гриби, ягоди, дичина тощо).

Аналіз представлених даних показує, що і сьогодні, у віддалений період розвитку радіаційної ситуації, найбільш критичною продукцією залишається молоко. Від загальної кількості зразків, вміст радіонуклідів в яких перевищує ДР-2006, цьому продукту належить 64%. Але їх кількість може суттєво змінюватися на протязі року відповідно до умов утримання ВРХ. В посушливі роки, коли для їх випасу починають використовуватися лісові угіддя та інші не окультурені луки і пасовища, їх кількість також суттєво збільшується.

Останнім часом зменшується ступень критичності м'яса ВРХ. За усередненими даними цьому продукту належить близько 2% від загальної кількості зразків з перевищенням ДР-2006. На нашу думку це пов'язано з

введенням в практику відгодовування ВРХ перед забоєм тварин радіаційно «чистими» кормами, використанням методики прижиттєвого визначення вмісту радіонуклідів в ВРХ тощо.

Друге місце за ступенем критичності належить групі продукції лісового походження. На відміну від інших регіонів України, ця продукція займає чільне місце в раціоні населення, яке постійно проживає на Поліссі, найбільш забрудненого внаслідок аварії на ЧАЕС.

Третьою за рівнем критичності – є продукція рослинництва. Відносно невелика її кількість пояснюється тим, що частіше аналізується овочева продукція і картопля, які не відрізняються високою потенційною здатністю до накопичення  $^{137}\text{Cs}$ .

Узагальнюючи багаторічні результати моніторингу і контролю вмісту радіонуклідів слід звернути увагу на те, що в загальній структурі продукції з перевищенням ДР-2006

спостерігається збільшення групи забруднених зразків сільськогосподарської продукції лісового походження при відповідному зменшенні кількості

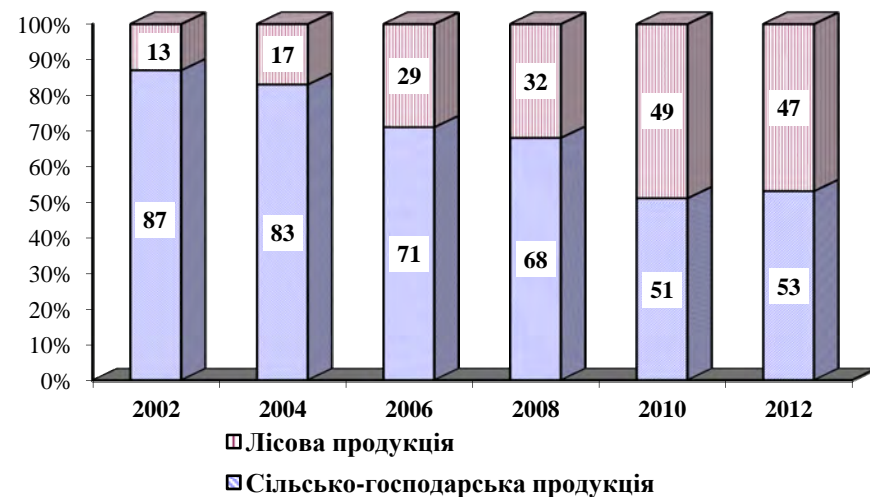


Рис. 2. Динаміка співвідношення між найбільш критичною в радіаційному відношенні продукцією

Також була встановлена залежність дози внутрішнього опромінення сільських мешканців від наявності лісових масивів, які прилягають до населених пунктів. Восени спостерігається як зростання індивідуальних доз внутрішнього опромінення у переважній більшості обстежених, так і збільшення кількості окремих осіб з аномально високими рівнями інкорпорованого  $^{137}\text{Cs}$ . Дози внутрішнього опромінення місцевого населення, яке регулярно, всупереч рекомендаціям, і у значній кількості споживають харчові продукти лісового походження, в т.ч. дичину, перевищують середні показники по регіону, інколи досягаючи 5,2 мЗв/рік.

Зазначена тенденція дає підстави припустити, що з часом саме лісова продукція за ступенем критичності буде займати визначальну позицію у

структурі продукції вміст  $^{137}\text{Cs}$  в якій перевищує чинні гігієнічні нормативи, і стане основним джерелом подальшого тривалого опромінення населення. Але відбуватиметься це не тому, що вміст радіонукліду в неї збільшиться, а тому що більш інтенсивно зменшується кількість забрудненої сільськогосподарської продукції. В сільськогосподарському виробництві можливе ефективне застосування широкого спектру протирадіаційних заходів. Процеси природного «очищення» земель сільськогосподарського призначення відбуваються більш інтенсивно, ніж лісової підстилки. Тому найбільш ефективним і пріоритетним заходом, спрямованим на зменшення дози внутрішнього опромінення населення є забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції, яка гарантовано відпо-

відатиме чинним гігієнічним нормативам вмісту радіонуклідів.

Радіаційна критичність сільськогосподарської продукції багато в чому визначається її походженням: в яких господарствах вона була вироблена. Узагальнені дані, наведені на рис. 3 свідчать про те, що найкритичнішими у цьому випадку продовжують залишатися особисті підсобні господарства населення. Саме тут зареєстровано 82 % зразків молока і 88

% м'яса, вміст радіонуклідів в яких перевищував чинні гігієнічні нормативи вмісту  $^{137}\text{Cs}$ . При цьому «внесок» особистих підсобних господарств у випуск критичної за радіологічними показниками продукції збільшувався в посушливі роки, коли сіно для корів заготовлювали в лісах і на болотах. Особливо критичною групою населення тут є діти в раціоні яких молоко від свійських корів займає значне місце.

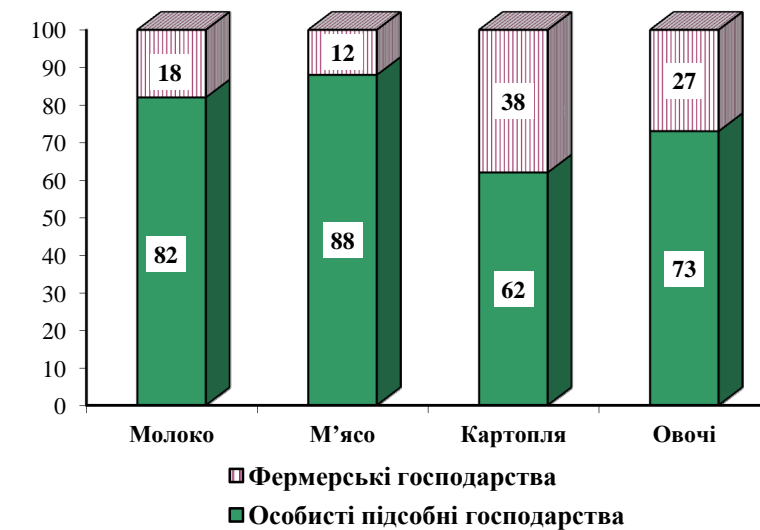


Рис. 3. Походження сільськогосподарської продукції, вміст  $^{137}\text{Cs}$  в якій перевищує ДР-2006

Дещо іншу закономірність виявлено в походженні забрудненої рослинницької продукції. Сьогодні в Поліських регіонах поширене її вирощування на критичних з точки зору інтенсивності міграції радіонуклідів органогенних ґрунтах. В цій ситуації внесок фермерських господарств у структуру виробництва забрудненої продукції є значно більшим і становить 38% від усіх зразків

картоплі і 27 % овочів (капуста, буряк столовий, морква тощо). Це пояснюється розпаюванням і використанням у присадибному господарстві відносно малородючих, критичних в радіаційному відношенні земель, екстенсивною моделлю розвитку рослинництва, недотриманням відповідних рекомендацій з ведення сільськогосподарського виробництва на

радіоактивно забрудненій території тощо.

Перевищення чинних гігієнічних нормативів в продукції, що виробляється в крупнотоварних господарствах в останні часи нами зареєстровано не було.

Отже, у віддалений період розвитку радіаційної ситуації, під час організації радіаційного контролю більшу слід приділяти увагу продукції, виробленої в особистих підсобних господарствах населення і дрібнотоварних фермерських господарствах. Саме вони сьогодні є основними виробниками окремих видів сільськогосподарської продукції.

Разом з тим, радіаційно-екологічну критичність сільськогосподарської продукції слід розглядати не лише з точки зору її відповідності чинним гігієнічним нормативам вмісту радіонуклідів, тобто формування індивідуальної ефективної еквівалентної дози опромінення населення, але і колективної. Саме колективна доза опромінення відображає ступень колективного ризику виникнення частинних ефектів опромінення у визначених груп людей [14, 15]. Враховуючи те, що у віддалений період розвитку радіаційної ситуації найбільш вагомим джерелом опромінення населення є сільськогосподарська продукція, що виробляється на радіоактивно забрудненій території, переважним шляхом зменшення колективної дози опромінення населення є мінімізація потоків радіонуклідів з урожаєм сільськогосподарської продукції.

Слід зауважити, що потенційна здатність сільськогосподарських культур до накопичення  $^{137}\text{Cs}$ , і інтенсивність потоків радіонукліду з уро-

жаєм не завжди позитивно корелюють між собою. Так за даними, наведеними на рис. 4 видно, що найменшим накопиченням  $^{137}\text{Cs}$  відрізнялися зернові злакові культури. Мінімальним вміст радіонукліду в межах цієї групи спостерігається в зерні кукурудзи: коефіцієнт переходу радіонукліду тут становив 0,07 (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>). Накопичення радіоактивного цезію в зерні озимої пшениці є на 56% більше. Перехід радіонукліду в зерно жита в 3,5 рази вищий, ніж в кукурудзі. Але його максимальний вміст в межах цієї групи культур є характерним для зерна вівса. Вміст  $^{137}\text{Cs}$  в його зерні був в 5 разів вищий, ніж в зерні кукурудзи.

До групи культур з потенційно невисокою здатністю до накопичення  $^{137}\text{Cs}$  відноситься і картопля. Коефіцієнт переходу радіонукліду в її бульби займає проміжне положення між пшеницею озимою і ячменем, але є на 71% вищим, ніж зерно кукурудзи.

Більш високим потенційним накопиченням радіонукліду відрізнялася група круп'яних культур. Якщо накопичення радіоактивного цезію в просі спостерігається на рівні озимого жита, то в зерні гречці – в 3 рази вищим. Але максимальне накопичення радіоактивного цезію є характерним для групи зернових бобових культур. При цьому вміст радіонукліду в зерні бобів в межах цієї групи є мінімальним, в зерні гороху – максимальним.

Мінімальний потік радіоцезію з врожаєм товарної продукції формують кукурудза, просо, пшениця озима і ячмінь. Дещо більшим цей показник є характерним для пшениці ярої, тритикале і жита озимого. Але мак-

симальним потік  $^{137}\text{Cs}$  властивий для картоплі, де він більше ніж у 10 разів був вищим, ніж у кукурудзу, просо, пшеницю озиму і ячмінь.

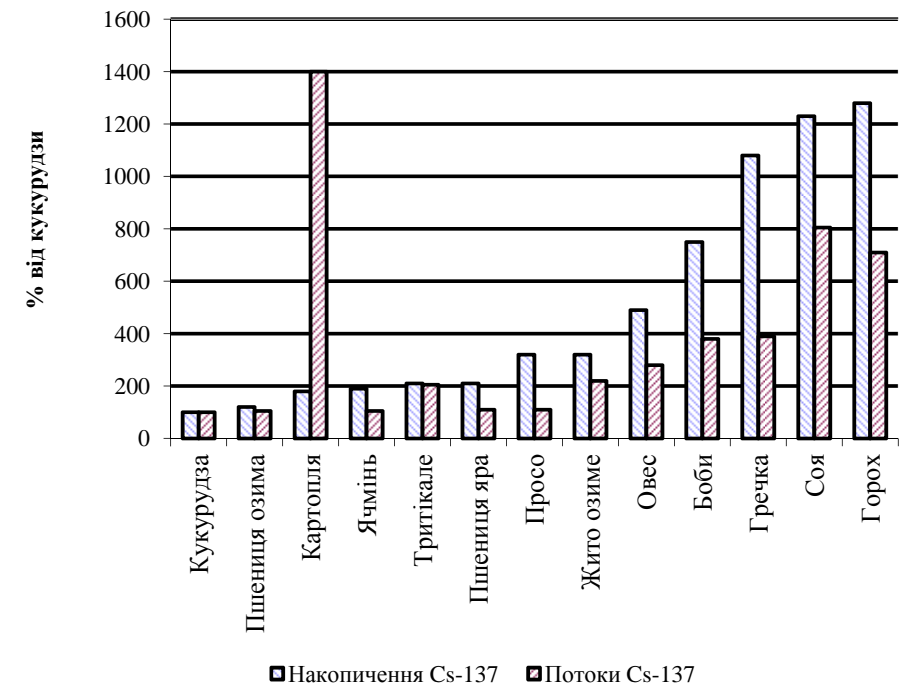


Рис. 4. Потенційна здатність польових культур накопичувати  $^{137}\text{Cs}$  і потоки радіонукліду з врожаєм, % від кукурудзи

Зазначена закономірність пояснюється тим, що за відносно невисокої потенційної здатності до накопичення  $^{137}\text{Cs}$  (на рівні зернових злакових культур) урожай бульб картоплі є набагато більшим.

### Висновки

Підсумовуючи викладене, слід зазначити, що радіаційно-екологічні аспекти визначення критичності продукції мають передбачати зменшення як індивідуальної ефективної дози опромінення шляхом непервищення чинних гігієнічних нормативів, так і колективної для визначених груп населення шляхом зменшення інтен-

сивності потоків радіонуклідів з урожаєм сільськогосподарських культур.

У віддалений період розвитку радіаційної ситуації після Чорнобильської катастрофи в загальній структурі продукції з перевищенням ДР-2006 спостерігається тенденція до збільшення групи продукції лісового походження. Проте сільськогосподарська продукція, зокрема молоко, що виробляється в особистих підсобних господарствах населення, залишається визначальним фактором формування дози опромінення населення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи»// Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР), 1991, N 16, ст.199;
2. Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи»// Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР), 1991, N 16, ст.200;
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 липня 1991 р. N 106 «Про організацію виконання постанов Верховної Ради Української РСР про порядок введення в дію законів Української РСР "Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи" та "Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок чорнобильської катастрофи»;
4. Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення / За ред. В.І. Холоші. – К.:Вета, - 2008. – 54 с.
5. Бондар О.І. Радіаційний моніторинг та інноваційні інформаційні технології контролю сільськогосподарської продукції / О.І. Бондар, О.І. Дутов, О.А. Машков, В.М. Дурняк // Моделювання та інформаційні технології. – Збірник наук. праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. – Вип. 64, 2012. –С. 208–217;
6. Кашпаров В.А., Лазарев Н.М., Перевозников О.Н. Эффективность контрмер в населенных пунктах Украины после аварии на ЧАЭС //Агрехимический вестник, №2, 2008. – с. 25-27;
7. Дутов О.І. Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС)/ О.І. Дутов // Агрехімія і Грунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 77. – Харків: ННЦ “ІГА ім. О.Н. Соколовського”, 2012. – С. 38–43;
8. Дутов О.І. Радіаційно-екологічні аспекти використання ґрунтів, забруднених радіонуклідами / О.І. Дутов, М.М. Єрмолаєв // Вісник аграрної науки. – 2013. – 2. – С. 51 – 54;
9. Кашпаров В.А., Йощенко В.И., Бондарь Ю.О., Танкач Э.С. Радиологическая обстановка в Украине после Чернобыльской аварии и оптимизация применения контрмер на современном этапе // Радиационная гигиена, том 2, №1, 2009 – С.15-19;
10. Булигін С.Ю. Щодо програми безпечного ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи / С.Ю. Булигін, Б.С. Прістер, О.І. Фурдичко, О.І. Дутов // Вісник аграрної науки. – 2012. – № 5. – С. 53–57;
11. Дутов О.І. Інноваційні підходи до застосування агротехнічних заходів на забрудненій радіоактивними речовинами території // Агроекологічний журнал. - №2.- 2014.- С. 28 – 32;
12. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології. – Київ, 1992. – 136 с;
13. Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006). – К. – 45 с;
14. Ярмоленко С.Л. Радиобиология человека и животных. — М.: Высш. шк., 1988. — 424 с;
15. Радиационная и ядерная медицина:Физические и химические аспекты / ред.: Э. М. Бекман, О. А. Полонская-Буслаева. - 2012. - 400 с;

УДК: 628.166 + 616-006

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В УКРАЇНІ ЯК ЗАГРОЗА ОНКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Стискал О. А., Петрук В. Г.

Вінницький національний технічний університет,  
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: kafedraeeb@mail.ru  
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,  
Хмельницьке шосе, 95, e-mail: petrukvg@gmail.com

Досліджено методи знезараження питної води в Україні; проаналізовано зловживання новоутворення різних локалізацій серед населення України; кореляційний зв'язок зловживання новоутворення різних локалізацій з відсотком води з поверхневих джерел для водопостачання та кореляційний аналіз найпоширеніших хвороб населення України від води, яка не відповідає санітарно-гігієнічним нормативам за санітарно-хімічними показниками. *Ключові слова:* дезінфекція, канцерогенність, мутагенність, зловживання новоутворення (ЗН), хлорорганічні сполуки (ХОС), кореляційний аналіз.

**Экологическая безопасность обеззараживания питьевой воды в Украине как угроза онкологических заболеваний** Стыскал О., Петрук В. Исследованы методы обеззараживания питьевой воды в Украине; выполнен анализ злокачественных новообразований различных локализаций среди населения Украины; корреляционной связи злокачественных новообразований различных локализаций с процентом воды из поверхностных источников для водоснабжения и анализ наиболее распространенных болезней населения Украины от воды, которая не соответствует санитарно-гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям.

**Ecological safety of drinking water disinfection in Ukraine as threat of cancer.** In article it was made following: analysis of disinfection methods of drinking water in Ukraine; analysis of cancer of different localizations among the population of Ukraine; correlation analysis between cancer of different localizations and percent of water of surface sources for water supply; correlation analysis between the most common diseases of the population of Ukraine and percent of water samples, which do not accord to the sanitary-hygienic standards.

В умовах значного поширення хлорування питної води в Україні як методу дезінфекції та зростаючого забруднення поверхневих водоемів, що є переважним джерелом водопостачання в Україні, органічними речовинами, які, в свою чергу, при хлоруванні утворюють побічні токсичні хлорорганічні сполуки, проблема якості води, яка тече з крана споживача, останнім часом є надзвичайно актуальною. При цьому деякі з побічних продуктів цього методу знезараження характеризуються токсичні-

стю, канцерогенністю, мутагенністю та кумулятивною дією, що збільшує ймовірність виникнення небезпечних хвороб серед населення, в тому числі й онкологічних, які часом закінчуються летально. Безліч наукових публікацій у світі свідчать про серйозну небезпеку побічних продуктів хлорування, але більшість країн світу, в тому числі і Україна, нехтують цими фактами. Тому вирішення питань знезараження питної води має бути пріоритетним.

**Результати досліджень**

Аналіз офіційних сайтів водоканалів та відповідей на запити встано-

вив характер використання різних методів знезараження питної води в деяких містах України (табл. 1).

Таблиця 1

**Використання методів знезараження питної води в містах України (особисті дослідження)**

Місто	Хлор	Хлор + аміак	Гіпохлорит натрію	Діоксид хлору	Змішані оксиданти	УФ	Гіпохлорит кальцію
Вінниця	+						
Дніпропетровськ	+						
Житомир			+				
Запоріжжя	+						
Івано-Франківськ	+				+		
Іллічівськ				+			
Кіровоград	+						
Київ		+					
Кременчук	+						
Луцьк			+				
Львів	+		+				
Миколаїв	+						
Рівне			+				
Тернопіль	+						
Ужгород							+
Херсон	+		+			+	
Черкаси		+					

Майже всі методи дезінфекції питної води мають свої недоліки [1,2,3]. Так, при хлоруванні утворюються побічні продукти – тригалогенметани, галогеноцтові кислоти, хлорфеноли, хлораміни, хлорпікрин тощо, які характеризуються значною токсичною, а деякі з них канцерогенною та мутагенною дією, про що свідчать дослідження на тваринах. Існує хлоррезистентна мікрофлора та небезпека поводження з хлором. Застосування хлораміачної води має невисоку бактерицидну дію, а з хлораміном – є гемолітичною отрутою, що має сильну алергенну дію. У деяких штатах США встановлено повну заборону на його використання. Застосування гіпохлоритів посилює корозію обладнання і трубопроводів, має більшу

реакційну здатність до утворення хлорорганічних сполук (ХОС) та меншу знезаражувальну дію порівняно з хлором. Ультрафіолет не забезпечує ефект післядії, що може спричинити повторне забруднення води під час проходження її через водопроводи, можлива потенційна загроза формування токсичних продуктів фотолізу та стійкість грибів і аденовірусів до дії УФ тощо. Натомість, застосування діоксиду хлору та змішаних оксидантів має незначні недоліки порівняно із попередніми методами, в тому їх можна рекомендувати для дезінфекції питної води в Україні.

Як свідчать результати досліджень, в Україні серед методів знезараження значно переважає хлорування. Основна його небезпека наявність

побічних продуктів, причому нормативи вмісту їх у питній воді регламентуються лише для хлороформу, ди-хлоретану, дибромхлорметану, чотирихлористого вуглецю, хлорфенолів та суміші трихлоретилену і тетрахлоретилену [4]. Решта не контролюється, зокрема, канцерогенні галогеноцтові кислоти (з 1994 року агентство US EPA включило до

обов'язкового переліку сполук, що контролюються у питній воді) [5].

Багато науковців пов'язують канцерогенний вплив хлорорганічних сполук у питній воді з збільшенням злоскісних новоутворень. Тому було проаналізовано інформацію щодо захворюваності на ЗН населення України за 2013 рік (показник на 100 тис. чол.) (рис. 1).

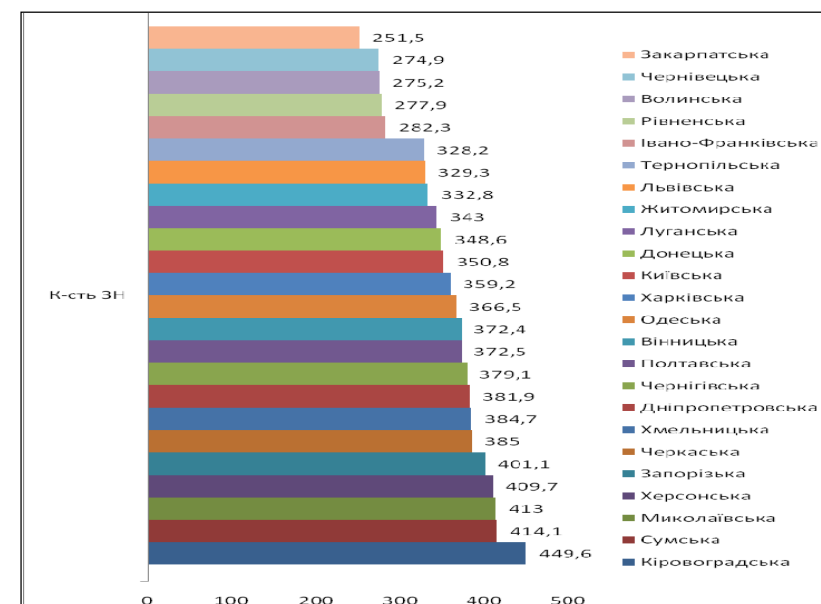


Рисунок 1. Кількість зафіксованих ЗН по областях України за 2013 рік на 100 тис. населення (дані канцер-реєстру)

Найнижчі показники ЗН в Закарпатській, Чернівецькій, Волинській, Рівненській та Івано-Франківській областях. Таблиця 1 свідчить, що у Луцьку та Рівному використовують для знезараження питної води гіпохлорит натрію, а в Ужгороді – гіпохлорит кальцію. Найбільші показники ЗН в Кіровоградській, Сумській, Миколаївській, Херсонській та Запорізькій областях, де в основному для знезараження використовують хлор. Результати досліджень О.В. Зоріної

свідчать про більшу реакційну здатність гіпохлоритів натрію або кальцію до утворення ХОС порівняно з хлором та хлораміачною водою. Можна припустити, що водопостачання в цих областях здійснюється або з підземних джерел, в яких присутня набагато менша кількість органіки, що при взаємодії із реагентом утворює менші концентрації хлорорганічних сполук, які в потенціалі можуть спричинити ріст злоскісних новоутворень; або воду попередньо очи-



щують, як у Житомирі. Тому було проаналізовано джерела використан-

ня води для водопостачання в областях України. (табл. 2). [7]

Таблиця 2

**Джерела використання води для водопостачання в областях України у 2012 році**

Область	Відсоток поверхневих вод, %	Відсоток підземних вод, %
Вінницька	72	28
Волинська	0	100
Дніпропетровська	98	2
Донецька	91	9
Житомирська	77	23
Закарпатська	30	70
Запорізька	79	21
Івано-Франківська	75	25
Київська	20	80
Кіровоградська	80	20
Луганська	67	33
Львівська	1,5	98,5
Миколаївська	88	12
Одеська	71	29
Полтавська	68	32
Рівненська	0	100
Сумська	0	100
Тернопільська	0	100
Харківська	88	12
Херсонська	0	100
Хмельницька	41	59
Черкаська	76	24
Чернівецька	73	27
Чернігівська	0	100

У Волинській, Рівненській, Закарпатській, Тернопільській та Львівській областях використовують відповідно 100, 100, 70, 100 та 98,5 % води з підземних джерел, наслідком чого є нижчі показники ЗН. Що стосується Івано-Франківської області, де лише 25 % води використовується з підземних джерел, то найнижчі показники ЗН можна пояснити застосуванням на деяких насосних станціях змішаних оксидантів для знезараження питної води (за їх використання утворення побічних ХОС є мінімальним). А досить високі відсотки використання підземних вод у Хмель-

ницькій (59%) та Київській (80%) областях високі показники ЗН в них можуть бути пов'язані з визначальними, відмінними від вживання хлорованої питної води, факторами впливу на онкозахворювання, притаманними цим регіонам. Це стосується в першу чергу Херсонської, Сумської та Чернігівської областей, в яких відсоток використання підземних вод взагалі дуже високий. Найвищі ж показники ЗН у Запорізькій, Кіровоградській та Миколаївській областях пов'язані з високим відсотком використання поверхневих джерел для водопостачання (відповідно 79, 80 та 88 %).

Таблиця 3

**Кількість ЗН деяких локалізацій по областях України за 2012 рік (на 100 тис. населення)**

Область	стра-во-хід	ободо-ва-ки-шка	пряма-ки-шка	ле-гені	мела-нома-шкіри	інші-ЗН-шкіри	моло-чна-за-лоза	тіло-матки	сече-вий-міхур	щито-подібна-залоза
Вінницька	5,8	19,7	19,3	33,3	6,2	39,9	32,1	14,4	12,3	7,9
Волинська	4,6	12,5	15,6	21,7	4,4	29,2	25,4	14,3	9,2	3,7
Дніпропетровська	3,7	26,3	24,3	43	8,6	48,1	43,5	18,5	12,2	6,7
Донецька	3,5	25,4	19,6	38,6	6	34,3	39	15,2	11	7,2
Житомирська	5,8	16,8	18,9	25,5	5,6	43,8	33,3	11,5	9,7	6,8
Закарпатська	4,3	13,5	13,5	31,2	4,5	25,7	24,4	9,1	6,3	1,1
Запорізька	4,1	24,8	22,2	47,6	7,8	70,1	43,9	17	16,8	7,1
Івано-Франківська	2,7	16,8	16,3	28,3	4,4	34,3	26,3	12,8	8,4	1,5
Київська	4,4	20,2	18,4	34,8	7,2	39,2	35,3	19,4	11,8	11,9
Кіровоградська	3,4	26,3	23,8	49,9	8,2	59,1	40,8	21,1	15,3	7,9
Луганська	3,7	22,4	18,9	35,9	6,9	41,6	36,7	17	10,5	3,6
Львівська	4	20,7	17,8	29,5	5,9	44,1	27,9	15	12,9	3,8
Миколаївська	4,4	25,1	20,4	48,5	8	58,7	43,5	15,5	12,4	6,2
Одеська	4,6	23,5	19,3	35,2	6,6	49,7	40	16,3	13,4	4,8
Полтавська	3,7	22,3	22,6	38,7	7,1	44,5	37,7	19	11,6	7,5
Рівненська	3,9	14,6	16,2	21,5	4	21,3	26,3	12,9	5,8	3,8
Сумська	5,1	24,9	24,9	43,9	6,9	56,3	39	15,8	12,9	10,4
Тернопільська	4,5	14,2	18,8	38,7	5,6	37,9	24,8	18	11,4	4,6
Харківська	4,3	26,9	18,2	41	6,2	41,5	37	18	12,1	4
Херсонська	4,8	21,3	21,1	44,3	8,6	56,7	39,5	16	12	11,3
Хмельницька	5,9	20,7	21,7	39,6	7,1	39,8	38,8	14,7	10,6	4,9
Черкаська	4,6	23,8	21	34,1	7,7	43,9	38,7	16,5	11,7	9,8
Чернівецька	2,3	14,2	12,8	28,3	3,2	24,4	23,2	12,5	10,6	2,7
Чернігівська	5,9	24,6	22	40,7	6,9	44,7	30,7	17,9	9,5	6,8
Коефіцієнт кореляції	-0,33	0,44	0,14	0,27	0,22	0,22	0,49	0,11	0,33	-0,06
Коефіцієнт кореляції лише для областей, де для знезараження використовують хлор	-0,27	0,6	0,43	0,32	0,26	0,26	0,56	0,12	0,18	-0,05

Аналіз кореляції відсотків застоування поверхневих вод для водопостачання у різних областях (за 2012 рік) з показниками ЗН по різних локалізаціях, виявив, що середня кореляція притаманна ЗН таким локалізаціям, як стравохід (-0,33), ободова кишка (0,44), сечовий міхур (0,33) та молочна залоза (0,49), низька кореляція – пряма кишка (0,14), легені (0,27), шкіра (0,22) та тіло матки (0,11), кореляція відсутня взагалі – щитоподібна залоза (-0,06) (табл. 3). Кореляція лише по областях, які використовують хлор для знезараження, показала дещо вищі значення коефіцієнта кореляції (табл. 4, виділені строки). Відповідно значна кореляція спостерігається у ЗН ободової кишки

(0,6) та молочної залози (0,56), середня кореляція – у ЗН прямої кишки (0,43), легенів (0,32), низька – у ЗН стравоходу (-0,27), шкіри (0,26), тіла матки (0,12), сечового міхура (0,18), і взагалі відсутня – у ЗН щитоподібній залозі.

І в першому і в другому випадку від'ємні значення коефіцієнта кореляції свідчать про обернену низьку залежність (тобто більший відсоток використання поверхневих вод сприяє меншій кількості ЗН), що дає можливість взагалі виключити такі локалізації ЗН як стравохід та щитоподібна залоза із переліку тих, які зазнають впливу від побічних ХОС у питній воді.

Таблиця 4

## Поширеність деяких захворювань на 100 тис. населення України

Роки	% проб води, які не відповідають санітарним нормам	Цукровий діабет	Гіпертонічна хвороба	Ішемічна хвороба серця	Церебро-васкулярні хвороби	Язва шлунка та 12-палої кишки	Гастрит та дуоденіт	Холісис-тит, холангіт	Хвороби підшлункової залози	Артрози
2008	13,2	2463,9	25266,9	22566	8369,6	2312	4217,1	3414,8	1788,3	3246,6
2009	12,9	2573,8	25878,2	22917	8432,9	2305,6	4250	3463,4	1876,2	3318,8
2010	14,2	2667,6	26488,8	23455,8	8482,6	2299,4	4272	3504,3	1958,1	3382,5
2011	14,7	2773,1	26968,5	23855	8493	2298,3	4269	3518,2	2034	3432,7
2012	12,9	2885	27041,6	24088	8458,6	2271,9	4262,3	3503,5	2094,4	3435,1
Коефіцієнт кореляції	-	0,21	0,42	0,35	0,65	0,17	0,53	0,56	0,28	0,44

Більшість науковців робить акцент на канцерогенному впливі хлорорганічних сполук у питній воді, в той час як інші види впливів

вони мало досліджують. Однак, аналізом кореляції найбільш поширених хвороб серед населення України за останні 5 років з відсотком

проб води з водопровідної мережі, яка не відповідає санітарно-гігієнічним нормам за санітарно-хімічними показниками, було встановлено тісний зв'язок між неякісною водою та цереброваскулярними хворобами (коефіцієнт кореляції 0,65), гастритом і дуоденітом (0,53), холециститом і холангітом (0,56) (табл. 4). Тому можна припустити, що поряд з іншими хімічними показниками якості води на поширення цих хвороб може впливати і присутність у воді хлорорганічних сполук.

## Висновки

Найнижчі показники ЗН спостерігаються у Волинській, Рівненській, Закарпатській, Тернопільській та Львівській областях, де досить високі відсотки використання підземних вод, а найвищі – у Запорізькій, Кіровоградській та Миколаївській, де високі відсотки використання поверхневих вод доводять гіпотезу щодо залежності утворення хлорорганічних сполук внаслідок хлорування від вмісту органічної речовини у вхідній воді. Крім того, висунуто припущення, що за достатнього відсотка використання підземних вод у Херсонській, Чернігівській, Сумській, Київській та Хмельницькій областях додатковими причинами високих показників ЗН можуть бути і інші визначальні фактори впливу на онкозахворювання, притаманні цим регіонам.

## Література

1. Бахир В.М. Дезинфекция питьевой воды: проблемы и решения // Экологический вестник России, 2004. – № 5. – С. 55–59.

- Гришков И.А., Козлов И.В., Харламова Т.А. Гипохорит, хлор, раствор смеси оксидантов: обобщенный сравнительный анализ [Электронный ресурс] // ЗАО «Институт электрохимических систем и технологий Витольда Бахира». Режим доступа: <http://www.bakhir.ru/rus/publications/aq-cl-naocl-special.pdf>.
- Крамаренко Л.В. Спецкурс з очистки природних вод. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 122 с.
- ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджені Наказом МОЗ України №400 від 12.05.2010 р.
- Галогеноцтові кислоти у хлорованій питній воді як гігієнічна проблема (систематизація та аналіз світової літератури) / В.О. Прокопов, Є.А. Труш, С.В. Гуленко, В.А. Соболь, Т.В. Куліш // Гігієна населених місць, 2013. – № 61. – С. 88–100.
- Канцер-реєстр України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://users.i.kiev.ua/~ucr/>
- Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 році. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 450 с.
- Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2010 році. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2010. – 564 с.
- Відповідь на запит №17/1380/ЗПІ-14 від 24.10.2014. – Київ: ДЗ «Центр медичної статистики МОЗ України», 2014. – 8 с.

УДК 581.9+556.551

## ФОРМУВАННЯ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ТА ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Зуб Л. М.<sup>1</sup>, Томченко О. В.<sup>2</sup>Інститут еволюційної екології НАН України,  
вул. акад. Лебедева, 37, 03143, м. Київ  
[lesyazub@yandex.ru](mailto:lesyazub@yandex.ru)<sup>2</sup>Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, вул.  
Олеся Гончара, 55-Б, 01601 м. Київ  
[tomch@i.ua](mailto:tomch@i.ua)

На основі використання космічної інформації ДЗЗ досліджено розвиток угруповань вищих водних рослин верхніх ділянок Київського водосховища за 25-річний період (1986-2013 рр.) та їх вплив на формування гідрохімічного режиму водойми. Виявлено взаємозв'язки між зміною площ заростей мілководь та концентраціями у воді розчиненого CO<sub>2</sub>, Cl, показниками біхроматної окислюваності (ХСК), кількістю завислих речовин та кольоровістю води. Встановлено, що зміни гідрохімічного складу вод спричинені перебігом природних процесів та вторинних сукцесій, спрямованих на посилення заростання акваторій водосховища угрупованнями евтрофо-болотного типу. Ключові слова: заростання акваторій, гідрохімічний режим, Київське водосховище

**Формирование растительного покрова и некоторые особенности гидрохимического режима Киевского водохранилища.** Л. Н. Зуб, О. В. Томченко. С использованием космической информации ДЗЗ отслежено развитие сообществ высших водных растений верхних участков Киевского водохранилища за 25-летний период (1986-2013 гг.) и их влияние на формирование гидрохимического режима водоема. Вывявлено взаимосвязь изменений площадей заросших акваторий с концентрацией в воде растворенных CO<sub>2</sub>, Cl, значениями бихроматного окисления (БХО), количеством взвесей и цветностью воды. Установлено, что изменения гидрохимического состава вод вызваны ходом естественных процессов и вторичных сукцесий, направленных на усиление зарастания акваторий водохранилища сообществами евтрофо-болотного типа. *Ключевые слова:* зарастание акваторий, гидрохимический режим, Киевское водохранилище

**The plant cover formation and some characteristics of the hydrochemical regime of the Kiev reservoir.** Lesya Zub, Olga Tomchenko. The development of higher aquatic plants communities of the upper level of the Kiev reservoir for the 25-year period (1986-2013 gg.) and their influence on the formation of hydrochemical regime of the reservoir are tracked using remotely sensed data. The correlation between changes in the overgrown areas, concentration of dissolved CO<sub>2</sub> and Cl in the water, dichromate oxidation values, amount of sediment and water color are revealed. It was found that the changes in the hydrochemical composition of the water was caused by the progress of the natural processes and secondary processes, aimed to increase the overgrowing of the reservoir waters with eutrophic swamp plant type communities. *Keywords:* overgrowing of the reservoir waters, hydrochemical regime, Kiev reservoir

Будівництво Київського водосховища спричинило руйнацію природних річкових комплексів та виникнення абсолютно нової екосистеми.

Це, в свою чергу, сприяло ряду перетворень, спрямованих на стабілізацію гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів заново створеної водойми. Провідну роль у трансформації значних за площами мілководних масивів, що сформувалися у Київському водосховищі, відіграли угруповання вищих водних рослин, зокрема гігро- та гідрофітів.

Рослинний покрив Київського водосховища за період існування водойми (1966-2014 рр.) зазнав ряд змін, які зводяться до трьох стадій (етапів) заростання [1,2]:

- відмирання ксерофітної та мезофітної лучної рослинності, що зазнала затоплення, в перші роки існування водойми на фоні масового розвитку моноугруповань гідрофіт-експлерентів у новостворених біотопах;

- перерозподіл екологічних ніш та розселення на мілководних ділянках водосховища повітряно-водної (гелофітної) та гідрофітної рослинності, ускладнення структури фітоценозів;

- освоєння усіх доступних мілководних біотопів угрупованнями макрофітів, поступове збільшення видового багатства та ценотичного різноманіття водної рослинності.

На сучасному етапі формування Київського водосховища в умовах усталеного режиму експлуатації та сформованого гідробіологічного режиму, на мілководдях водойми склався специфічний "водосховищний" тип заростей, що характеризуються яскраво вираженою ландшафтною диференціацією зарослих акваторій [3,4].

Вища водна рослинність є основним компонентом біоценозів мілководь, який, зазвичай, безпосередньо

впливає на гідробіологічний режим водойми, біотичний баланс та процеси формування якості води [5-7]. Вивчаючи перебудову видової та ценотичної структури рослинного покриву водойми, перерозподіл домінантів чи площ, зайнятих певними угрупованнями макрофітів можна дослідити подальші зміни як біотичної структури аквальних біотопів, так і зміну основних показників якості середовища, зокрема гідрохімічного режиму.

Досліджено взаємозв'язок гідрохімічних параметрів та розвитку угруповань макрофітів Київського водосховища [8-13], проте вони не містять узагальнюючих та кореляційних даних.

*Мета роботи* – аналіз кореляції газового режиму ( $O_2$  та  $CO_2$ ) вод Київського водосховища та змін, що відбуваються у рослинному покриві водойми на третьому етапі його формування (з 80-х років минулого століття рослинний покрив водосховища можна розглядати як той, що склався [14]).

### Матеріали та методи досліджень

Будь-яка оцінка змін, що відбуваються в екосистемі загалом, чи, наприклад, у рослинному покриві певної території, передбачає порівняльний аналіз за певний проміжок часу. Проте бувають випадки, коли матеріалу, опублікованого у наукових джерелах, чи результатів власних спостережень недостатньо, щоб охопити достовірний часовий проміжок. Саме така картина склалася із дослідженням динаміки площ угруповань вищих водних рослин на мілководдях Київського водосховища.

Серед сучасних ефективних методів дослідження ретроспективних змін природних комплексів є аналіз рослинного покриву за допомогою використання засобів дистанційного зондування землі (ДЗЗ). Він базується на виокремленні на космічних знімках певних поєднань фітоценозів, пов'язаних спільністю структурного характеру та однорідністю умов поширення. На можливість виділення не лише контурів фітоценозів, але й контурів, що включають їх поєднання, вказує Б.М. Міркін, відзначаючи, проте, умовність їх меж [15].

Вивчення загальної картини заростання верхніх ділянок Київського водосховища, де зосереджені основні масиви заростей, дозволило нам виділити ряд таких надфітоценотичних структур, що займають досить значні площі, добре розрізняються на аеро- та космічних знімках, і, за умов дешифрування останніх, можуть бути джерелом інформації, що характеризує динаміку рослинності водойми [16] та її екологічний стан [17].

За результатами тематичної обробки, дешифрування та ретроспективного багаточасового аналізу архівного ряду мультиспектральних космічних знімків Landsat за період 1986-2013 р. (15 знімків) було вивчено динаміку площ основних типів рослинних угруповань верхніх ділянок Київського водосховища (Дніпровський, Прип'ятський відроги та Тетерівські і Сухолучинські мілководдя).

Паралельні в ЦГО МНС України було отримано ретроспективні ряди даних гідрохімічних досліджень.

Для їх статистичної обробки було використано ПЗ IBM SPSS Statistics 16. З метою перевірки гіпотез щодо зв'язків між змінними вико-

нано кореляційний аналіз. Опис та інтерпретація результатів кореляційного аналізу проведено з використанням коефіцієнту кореляції Пірсона (R). При цьому кількісна міра сили і напрямку ймовірнісної взаємозв'язку (лінійної залежності) двох змінних приймає значення від -1 до +1. Також для оцінки точності взаємозв'язку було підраховано коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) [18].

### Виклад основного матеріалу

Київське водосховище – це динамічна гідросистема, яка виникла на місці затопленої заплави та берегових терас річок Дніпро та Прип'ять. В умовах виклинення підпору, сповільнення течії та привнесення значної кількості твердого стоку у верхів'ї водосховища спостерігаються активні процеси ландшафтоперетворень. За період понад 50-ти річного існування водойми тут сформувався значний за площею плавнево-острівний масив, що представляє собою систему проток, островів та мілководь. Внаслідок процесів ландшафтоперетворень тут виник широкий спектр різноманітних біотопів з відповідними типами рослинності.

Сьогодні на мілководдях водосховища спостерігаються активні процеси ландшафтоперетворень, що супроводжуються збільшенням площ, зайнятих угрупованнями макрофітів, та зменшенням площ гідротопів, що не заростають: дешифрування та аналіз космічних знімків виявили чітку тенденцію за останні 25 років зростання більш ніж удвічі площ гідрофітів (з 4519,0 га до 10353,9 га) та майже у півтори рази – заростей повітряно-водної рослинності (з 8211,2

га у 1985р. до 14011,9 га у 2013) (рис. 1). Одночасно за цей період площа незарослих ділянок верхів'я Київського водосховища скоротилася на третину: з майже 3 тис. га у 1995 р. до 2 тис. га у 2013 р. (рис. 2). Процеси, що зараз відбуваються у верхів'ї Київського водосховища (перерозподіл глибоководних та мілководних ділянок, зарослих та незарослих територій, сукцесійні зміни в рослинному покриві) спрямовані на відновлення втраченої під час гідробудівництва дніпровської заплави [19].

Формування гідрохімічного режиму вод Київського водосховища

відбувається під впливом багатьох факторів, основними з яких є гідрометеорологічні умови (температура, вітер, освітлення), гідрологічний режим (наявність або відсутність водообміну, рівневий режим), типи ґрунтів та життєдіяльність водних організмів. За період існування Київського водосховища у його гідрохімічному режимі відбувся ряд змін, наприкладі, середньорічна температура води в ньому зросла на 1,2-1,5°, а водообмін послабився на 7% [20]. На рис. 3-5 представлено графіки змін основних показників гідрохімічного режиму верхніх ділянок Київського водосховища протягом останніх 25 років.

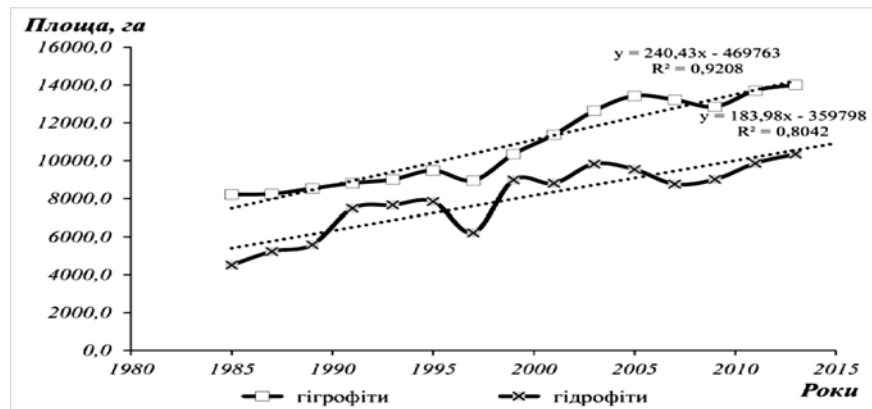


Рис. 1. Динаміка площі фіталі у верхів'ї Київського водосховища

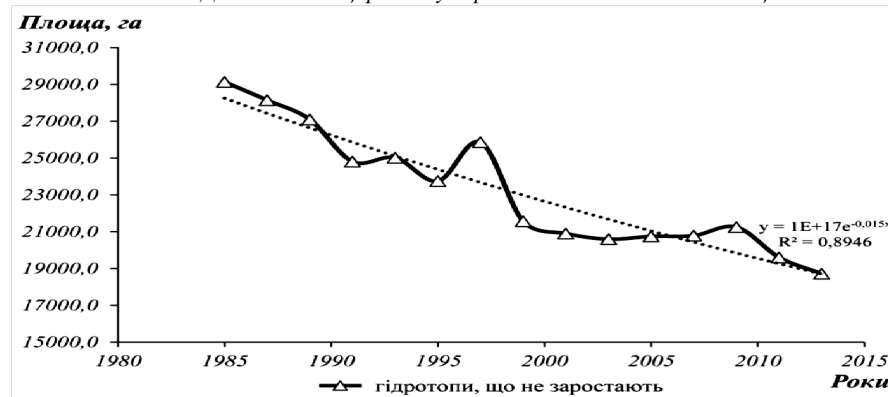
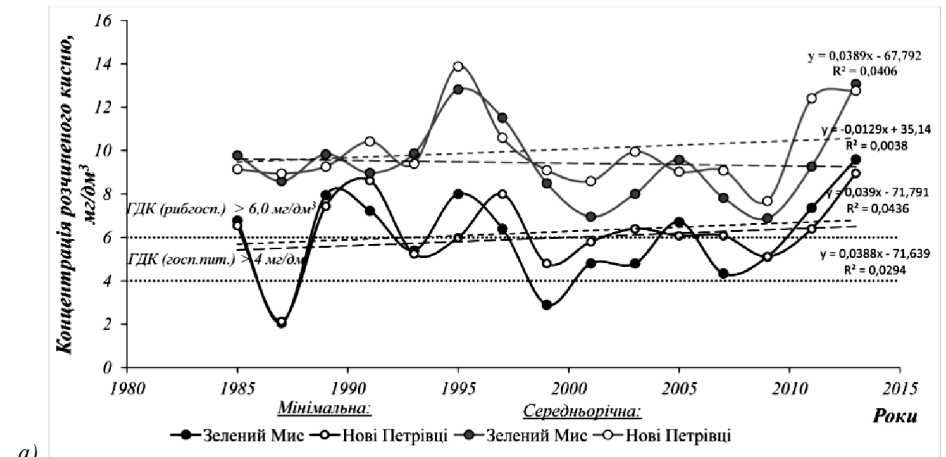
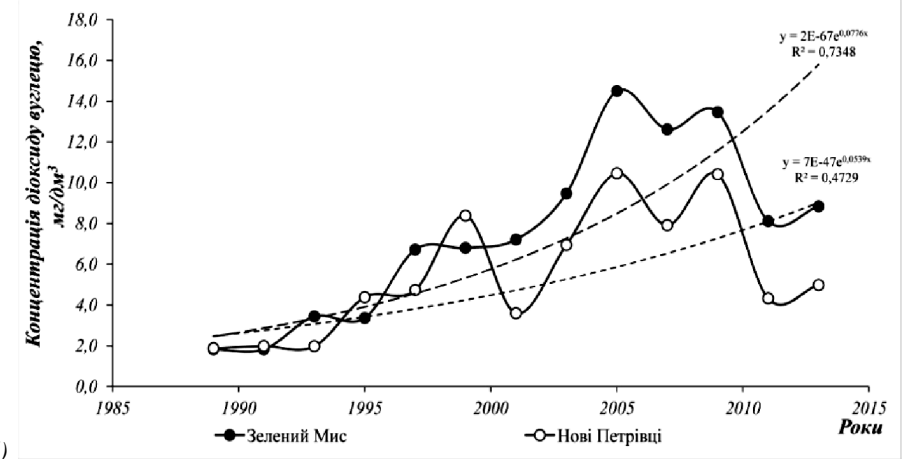


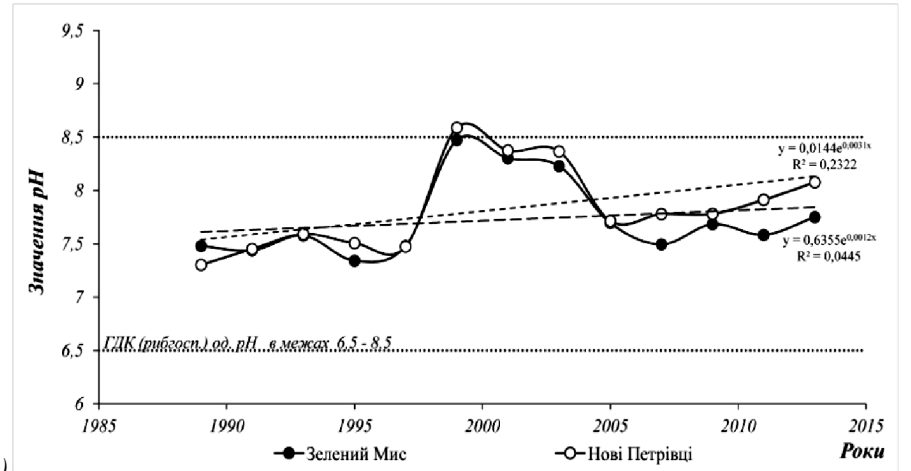
Рис. 2. Динаміка площі гідротопів, що не заростають, у верхів'ї Київського водосховища



а)



б)



в)

Рис. 3. Середньорічні значення розчинених у воді O<sub>2</sub> (а), CO<sub>2</sub> (б) та показники рН (в)

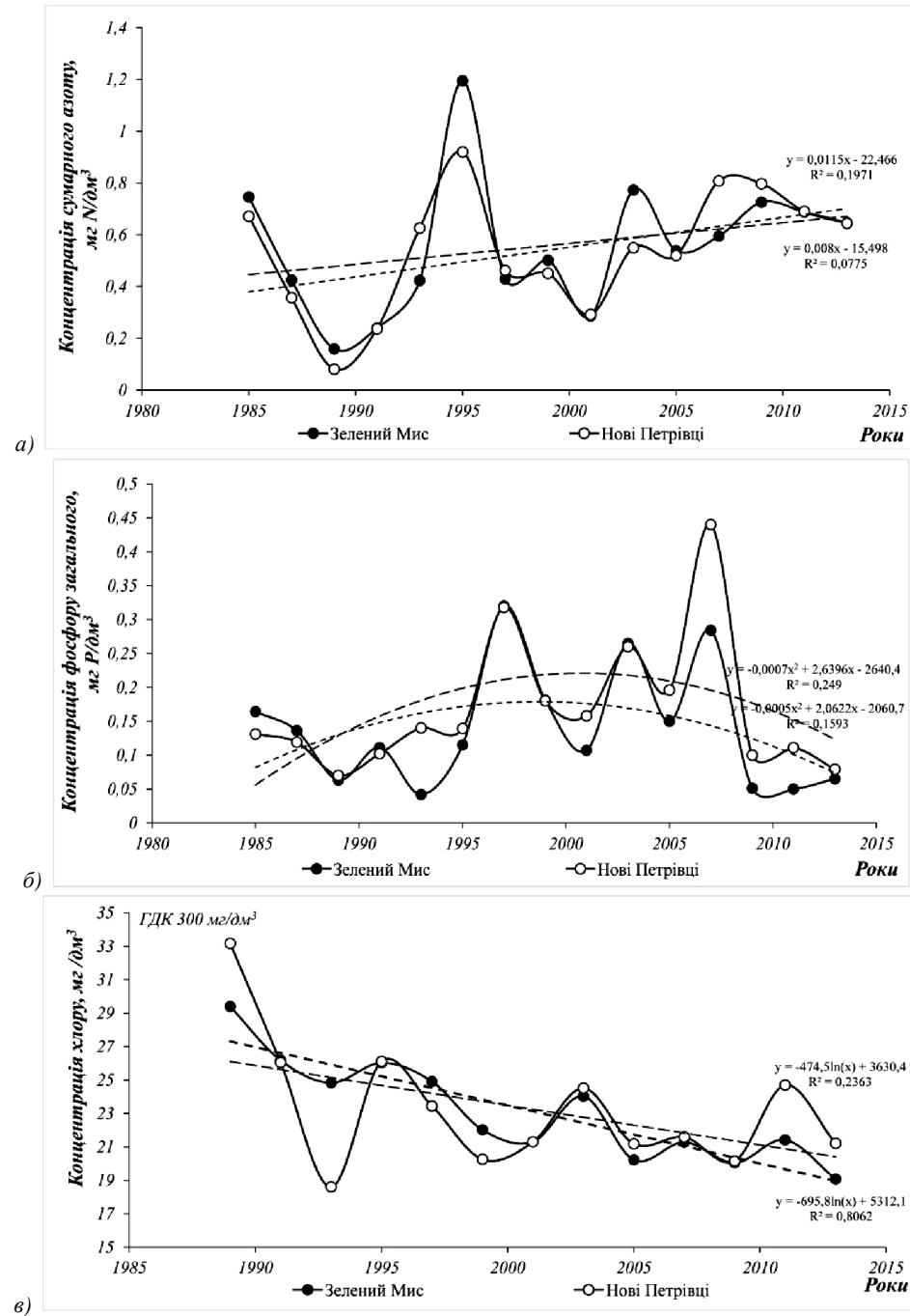


Рис. 4. Середньорічні значення концентрації сумарного азоту (а), фосфору (б) та хлору (в)

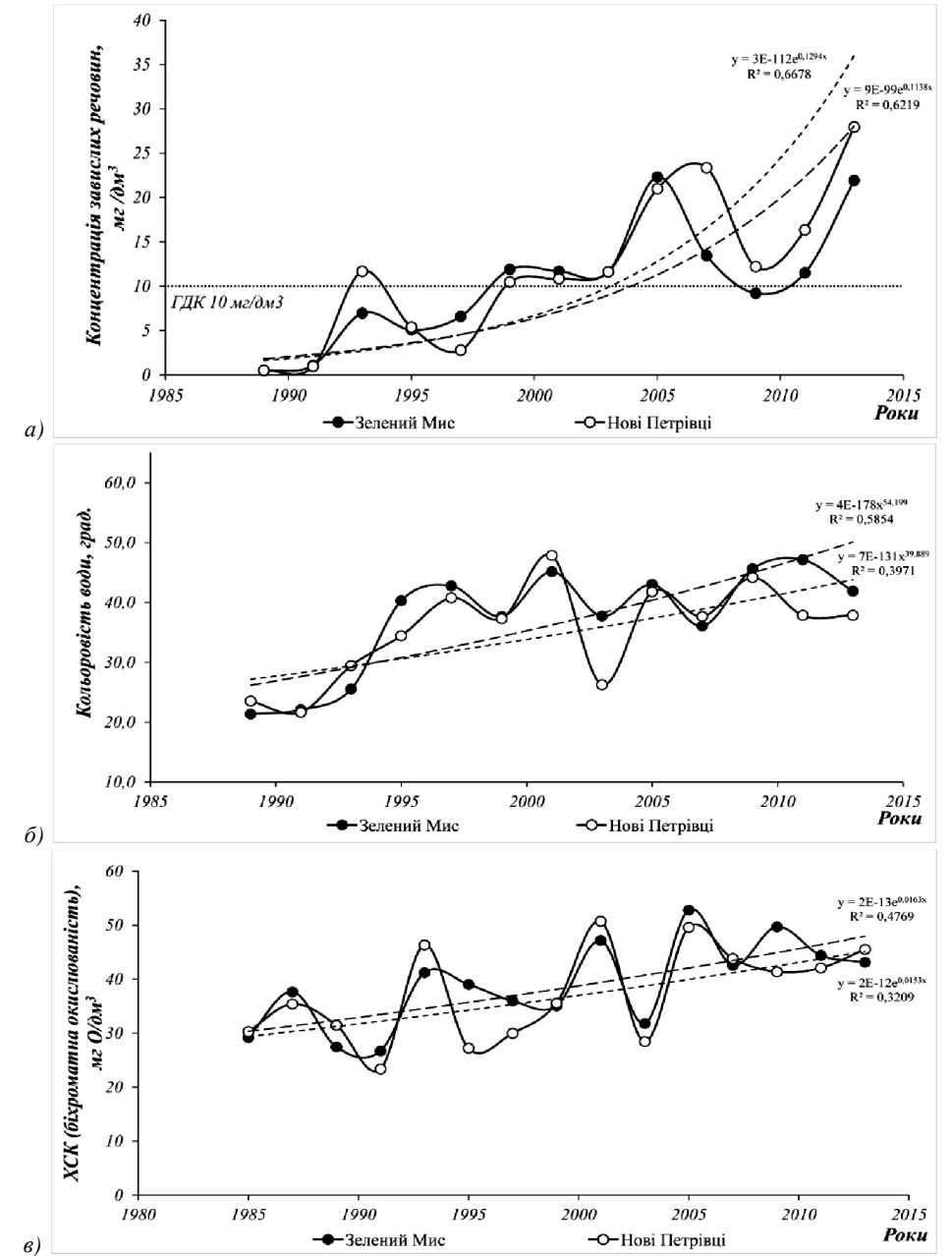


Рис. 5. Середньорічні значення концентрації завислих речовин (а), кольоровості води (б) та хімічного споживання кисню (в).

Загалом проаналізовано 25-річну динаміку 38 гідрохімічних показників. Розрахунки коефіцієнтів кореляції з метою оцінки впливу процесів

ландшафтоперетворень та перерозподілу площ зарослих мілководь на гідрохімічний режим Київського водосховища показали наявність взаємозв'язків зміни площ зарослих акваторій із значеннями лише ряду гідрохімічних чинників: концентраціями

розчиненого у воді діоксиду вуглецю, хлору (висока кореляція) та показниками вмісту іонів міді, біхрому, вмістом завислих речовин (значна кореляція) (табл., рис. 6).

Таблиця.

**Величина коефіцієнту кореляції Пірсона між значеннями деяких гідрохімічних показників і площами макрофітів для верхніх ділянок Київського водосховища на період 1986-2013 рр.**

Показник	Зарості гідрофітів, га	Зарості гелофітів, га	Загальна площа заростей, га
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-0,17	-0,09	-0,091
Діоксид вуглецю, мг/дм <sup>3</sup>	0,839	0,65	0,829
pH	0,232	0,461	0,305
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,289	0,265	0,268
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,047	0,317	0,401
Фосфор заг., мгP/дм <sup>3</sup>	-0,022	-0,097	0,053
Хлоридні іони, мг/дм <sup>3</sup>	-0,855	-0,840	-0,893
Сульфатні іони, мг/дм <sup>3</sup>	-0,497	-0,682	-0,538
Сума іонів, мг/дм <sup>3</sup>	-0,464	-0,359	-0,389
Залізо заг., мг/дм <sup>3</sup>	-0,411	-0,212	-0,5
Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	-0,760	-0,742	-0,776
БСК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	-0,192	-0,005	-0,114
ХСК, мгO/дм <sup>3</sup>	0,679	0,588	0,657
Калій, мг/дм <sup>3</sup>	-0,163	-0,191	-0,268
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	0,826	0,799	0,859
Кольоровість, градуси	0,663	0,604	0,755

Посилення заростання водосховища, насамперед, впливає на газовий та седиментаційний режими водойми, певною мірою визначає деякі інгредієнти сольового складу та мікроелементів.

Залежності між показниками розчиненого у воді O<sub>2</sub> і зростанням заростей макрофітів не виявлено. Концентрація розчиненого у воді O<sub>2</sub> має флюктуаційний характер, проте на сучасному етапі спостерігається поступове збільшення його концентрації (рис. 3, а).

Найбільш помітною виявилася залежність між зміною зарослих площ

та показниками розчиненого у воді діоксиду вуглецю. При цьому зміни розчиненого CO<sub>2</sub> є чи не найбільшими серед гідрохімічних показників верхніх ділянок Київського водосховища: за останні 25 років вони зросли більш як у 6 разів (з 1,8 до 14,5 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 3, б). Такі збільшення концентрацій розчиненого у воді CO<sub>2</sub> можна пояснити, насамперед, змінами гідрологічного режиму верхніх ділянок водосховища за рахунок уповільнення руху водних мас інтенсивно заростаючими мілководдями.

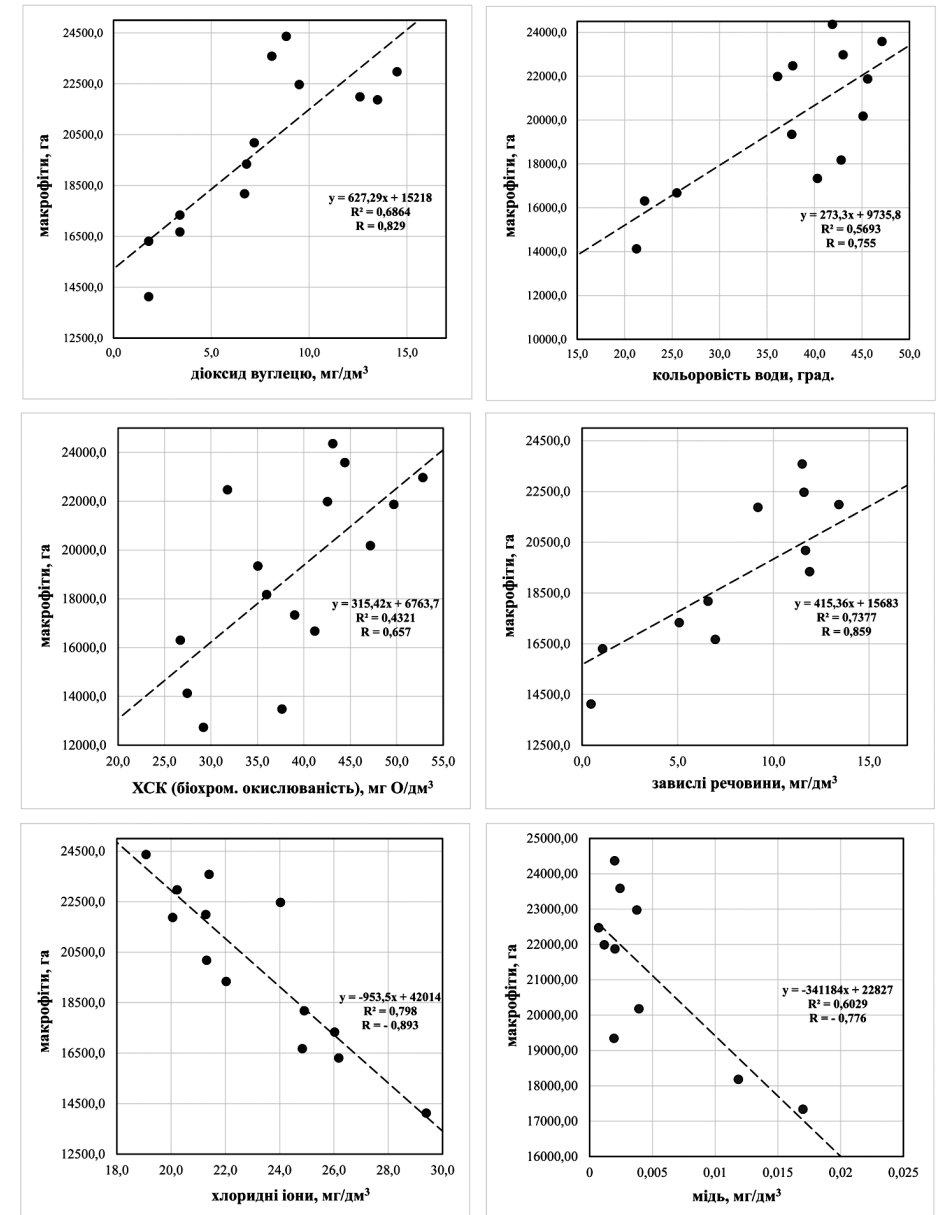


Рис.6. Діаграми розсіювання значень площ заростей верхніх ділянок водосховища за даними ДЗЗ та деяких середньорічних гідрохімічних показників

Впливає на збільшення концентрації розчиненого у воді CO<sub>2</sub> і посилення вторинного забруднення вод щорічне відмирання величезної кіль-

кості рослинних решток. Крім того, аналіз змін площ заростання основних груп макрофітної рослинності засвідчив активізацію на сучасному

етапі процесів евтрофікації та заболочення, що пояснюється інтенсивним протіканням вторинного заплавоутворення, яке відбувається шляхом формування потужного плавневого масиву [19]. Карбонатний режим водойми зумовлює, зазвичай, зміни величини рН. Vegetація вищої водної рослинності, асимілюючи розчинений у воді діоксид вуглецю, спричиняє зниження його вмісту та впливає на підвищення значень рН [9]. Проте видимого зв'язку між підвищенням кислотності води верхніх ділянок Київського водосховища та збільшенням площ заростей не виявлено.

Прямі залежності між зростанням площ заростей та накопиченням основних біогенів (рис. 4, а, б) не виявлено. Проте опосередкованим свідченням такого впливу є посилення процесів хімічного споживання кисню із збільшенням площ зарослих мілководь. За досліджень нами період значення ХСК зросли у півтори рази (з 29,2 до 49,7 мгО/дм<sup>3</sup>). Свою частку в сучасні процеси продукування та трансформації органічної речовини у водосховищі вносять також і супутні рослинності консорційні угруповання гідробіонтів, формування яких також сприяє збільшенню площ заростей макрофітів.

Вода Київського водосховища, як і води Дніпра та Прип'яті, належить до гідрокарбонатного класу і вміст іонів хлору у ній завжди був незначним. Зростання площ заростей, у свою чергу, сприяє ще більшому його зменшенню за рахунок акумулюючих властивостей макрофітів [7]. Адсорбційними властивостями угруповань макрофітів пояснюється і від'ємна кореляція вмісту міді та зрос-

тання площ заростей верхніх ділянок водосховища.

У Київське водосховище завдяки його головному розміщенню у Дніпровському каскаді надходить природний стік річок Прип'яті та Дніпра, що приносить, у середньому, 2,4 млн завислих речовин [20], основні об'єми яких акумулюються на верхніх ділянках водосховища. Збільшення концентрації автохтонних завислих речовин із збільшенням площ заростей макрофітів визначає бар'єрна функція макрофітів [21], алохтонних – сезонне відмирання фітомаси. Останнє явище поряд із прогресуючим заболоченням мілководь впливає і на вміст гумінових речовин у воді, що є опосередкованим показником кольоровості [20].

### Висновки

Вивчення процесів заростання верхніх ділянок Київського водосховища з використанням інформації ДЗЗ дозволило прослідкувати зміну площ основних типів заростей вищої водної рослинності за 25-річний період (1986-2013 рр.). Дешифрування та аналіз ретроспективних рядів космічних знімків верхніх ділянок водойми показали зростання більш ніж у 2 рази площ, зайнятих угрупованнями гідрофітів, та в 1,5 рази – повітряно-водних рослин. Площа незарослих акваторій за цей період скоротилася у 0,3 рази.

Дослідження взаємозв'язку гідрохімічних параметрів та розвитку угруповань макрофітів показали наявність залежності між зміною площ зарослих акваторій та вмістом розчиненого у воді діоксиду вуглецю, хлору (висока кореляція) та показниками

біхроматної окислюваності, кольоровості води, вмістом іонів міді та завислих речовин (значна кореляція).

Сучасні сукцесії рослинного покриву та зміни в гідрохімічному режимі верхніх ділянок водосховища спричинені перебігом природних

процесів, що вказує на активізацію заростання, евтрофікацію та заболочення мілководь. Це можна розглядати як вторинне заплавоутворення та інтенсивну трансформацію аквальних біотопів водосховища у плавнево-болотні та наземні екосистеми.

### Література

1. Зеров К.К. Основные черты формирования растительности днепровских водохранилищ в первые годы существования /К.К. Зеров // Гидробиологический режим Днепра в условиях зарегулированного стока. – Киев: Наукова думка, 1967. – С. 58-88.
2. Корелякова И.Л. Растительный покров мелководий зоны Киевского водохранилища / И.Л. Корелякова // Киевское водохранилище. – Киев: Наукова думка, 1972. – С. 135–155.
3. Мальцев В.И. Формування мілководних ландшафтів дніпровських водосховищ – результат динаміки їхнього заростання / В.И. Мальцев, Л.М. Зуб // Забезпечення сталого функціонування та дотримання природно-екологічної рівноваги дніпровських водосховищ: матеріали до регіонального тренінгу. – Київ: Оріяни, 2004. – С.58-65
4. Мальцев В.И. Динамика зарастания Киевского, Каневского и Каховского водохранилищ полупогруженными макрофитами / В.И. Мальцев // Материалы I (VII) Международ. конф. по водным макрофитам «Гидробиотаника 2010» (пос. Борок, 9-13 окт. 2010 г.). – Ярославль: «Принт Хаус», 2010. – С. 205-207.
5. Кокин К.А. О фильтрующей роли высшей водной растительности в процессах самоочищения р.Москвы / К.А. Кокин // Бюл. Московского общества испытателей природы. Отд. биол. – 1962. – N 1. – С. 33-37.
6. Корелякова И.Л. Растительность водохранилищ Днепровского каскада / И.Л. Корелякова. Автореф. дисс. ... докт.биол.наук. – Казань, 1982. - 42 с.
7. Мережко А.И. Высшие водные и прибрежно-водные растения / А.И. Мережко - К.: Наук. думка, 1977. – 73 с.
8. Зеров К.К. Формирование растительности и зарастание водохранилищ Днепровского каскада / К.К. Зеров. – Киев: Наукова думка, 1976. – 142 с.
9. Киевское водохранилище. Гидрохимия, гидробиология, продуктивность / Под ред. Я.Я. Цееба, Ю. Г. Майстренко. – Киев: Наукова думка, 1972. – 460 с.
10. Клоков В.М. Особенности становления растительного покрова крупного равнинного водохранилища с большой долей мелководий (на примере Киевского в-ща) /В.М. Клоков, Г.А. Карпова, В.И. Мальцев, Т.Н. Дьяченко, С.Я. Козина, В.П. Горбик, И.Ю. Иванова // Влияние водохранилищ на водно-земельные ресурсы. – Пермь, 1987. – С. 98-100.
11. Цаплина К.М. Продукційні характеристики вищих водних рослин Київського водосховища на сучасному етапі функціонування його екосистеми / К.М. Цаплина // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. Вип. 2 (43). Спец. вип. : Гідроекологія / редкол.: М.М. Барна, В.В. Грубінко, В.З. Курант [та ін.]. – Тернопіль : ТНПУ, 2010. – С. 524-527.
12. Цаплина Е.Н. Зарастание устьевых участков рек, впадающих в Киевское водохранилище / Е.Н. Цаплина, О.П. Холодько, М.И. Линчук // Гидробиологический журнал. – 2014. – Т. 50, № 4. - С. 19–33.
13. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ / отв. ред. Кондратьева Н.В., АН УССР. Ин-т гидробиологии. – Киев: Наук. думка, 1989.— 232 с.
14. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. / Отв.ред. Г.В. Воропаев, А.Б. Авакян. - М: Наука, 1986. - 367 с.



15. Миркин Б.М. Фитоценология: принципы и методы / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 1978. – 211 с.
16. Томченко О.В. Дослідження змін та особливості дешифрування мілководдя Київського водосховища на основі матеріалів ДЗЗ / О.В. Томченко, О.Д. Федоровський // Проблеми, методи и средства исследований Мирового океана: сб. докладов третьей международной научно-практич. Конфер. 14-15 мая 2013 года / НАН Украины, Научно-технический центр панорамных акустических систем. – 2013. – Запорожье. – С. 289-298.
17. Томченко О.В. Оцінка екологічного стану водно-болотних угідь верхніх ділянок Київського водосховища / О.В. Томченко, Л.М. Зуб, А.В. Сагайдак // Збірник наукових статей: Екологія водно-болотних угідь і торфовищ. – Київ: ТОВ НВП "Інтерсервіс", 2014 – С. 246-251
18. Наследов А.Д. SPSS 19. Профессиональный статистический анализ данных / А.Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.
19. Водно-болотні угіддя Дніпровського екологічного коридору / за ред. В.І. Мальцева – К.: Недержавна наукова установа Інститут екології ІНЕКО, Карадазький природний заповідник НАН України, 2010. — 142 с. — С. 113–121.
20. Абіотичні компоненти екосистеми Київського водосховища / за ред. В.М. Тімченко. – Київ: Логос, 2013. – 60 с.
21. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / Отв. ред. С.Гейны, К.М. Сытник. – К.: Наук. думка, 1993. – 434 с.

УДК 628.161.312 : 532 : 621

## ОЧИСТКА ПИТЬЕВЫХ ВОД ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Мнухин А.Г.<sup>1</sup>, Насежян Ю.П.<sup>1</sup>,  
Мнухина Н.А.<sup>1</sup>, Иващенко Т. Г.<sup>2</sup>, Денисенко И. Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Запорожская государственная инженерная академия,  
пр. Ленина 226, 69006, Запорожье,  
anatoly.mnukhin@gmail.com

<sup>2</sup>Государственная экологическая академия  
последипломного образования и управления,  
ул. Митрополита Василия Липковского, 35, 03035, Киев,  
dei2005@ukr.net

Висвітлена методика роботи і принципи конструкцій електрогідравлічних установок для очищення питної води від біологічного забруднення в надзвичайних ситуаціях. Показано, що в умовах стихійного лиха, зараження місцевості і т.п. запропонований метод є оптимальним. *Ключові слова:* очищення питної води, біологічне забруднення, електрогідравлічна установка, надзвичайна ситуація.

**Очистка питьевой воды от биологических загрязнений в чрезвычайных ситуациях.** Мнухин А.Г., Насежян Ю.П., Мнухина Н.А., Иващенко Т. Г., Денисенко И. Ю. Освещена методика работы и принципы конструкций электрогидравлических установок для очистки питьевых вод от биологического загрязнения в чрезвычайных ситуациях. Показано, что в условиях стихийных бедствий, заражения местности и т.п. предлагаемый метод является оптимальным. *Ключевые слова:* очистка питьевой воды, биологическое загрязнение, электрогидравлическая установка, чрезвычайная ситуация.

**Purification of drinking water from biological contaminants in emergency situations.** Mnukhin F., Nasekyan Yu., Mnukhin N., Ivaschenko T., Denisenko I. The methodology of work and principles of electro hydraulic facility construction for the purification of drinking water from biological contamination in emergency situations are described in the paper. The paper presents that in natural disaster situations, contamination of terrain, etc. the proposed method is optimal. *Keywords:* purification of drinking water, biological contaminants, electro hydraulic facility construction, emergency situations.

### Введение

Помимо очистки воды в стационарных условиях и стационарными установками, возникают случаи, когда требуется срочная очистка пусть даже меньшего количества воды и даже по более дорогой цене. Возникшая проблема может быть решена на базе новых специфических технологий, в частности электрогидро-

взрывных [1]. Как оказалось, ранее уже проводились эксперименты [2], которые засведетельствовали высокую эффективность применения электрического взрыва, протекающего с созданием в ядре дуги температуры до  $3 \cdot 10^4$  °С при максимальном давлении до  $2 \cdot 10^4$  атм., для уничтожения бактерий и фагов в объекте обработки [3]. Общее микробное

число (ОМЧ) в этом случае снижается в 10 и более раз.

Такой случай, как наиболее типичный, произошел 17 августа 1999 г. в Турции (Измейское землетрясение, при котором погибло 17217 человек, 43959 было ранено и около 500000 осталось без крова). Оставшиеся исправными водоводы и очистные сооружения были в значительной степени отравлены продуктами разложения при высокой температуре тел людей и животных.

Многомиллионная помощь мирового содружества и усилия руководства страны в первую очередь столкнулись с проблемой обеспечения пострадавшего населения водой питьевой и для бытовых нужд, что в упомянутых ранее условиях полного разрушения целых районов и областей страны было особо сложной задачей. Её, в какой-то мере, решили американские специалисты, использовав для очистки воды отечественные армейские препараты. Эти химические

адсорбенты, созданные специально для военнослужащих, оказались абсолютно непригодными для гражданского населения и лишь подчеркнули необходимость создания мобильной очистительной техники на ином принципе, на иной основе.

### Изложение основного материала

Несколько лет назад, до упомянутых трагических событий, организация «Электрогидравлика» по заданию Министерства чрезвычайных ситуаций (МЧС) занималась проблемами создания мобильных установок для очистки от загрязнения биологическими компонентами питьевых и сточных вод. Установки должны были изготавливаться на электрогидравлической основе. Общий вид такой малогабаритной установки, которая может буксироваться автомобилем практически любого типа, показана на рис.1.

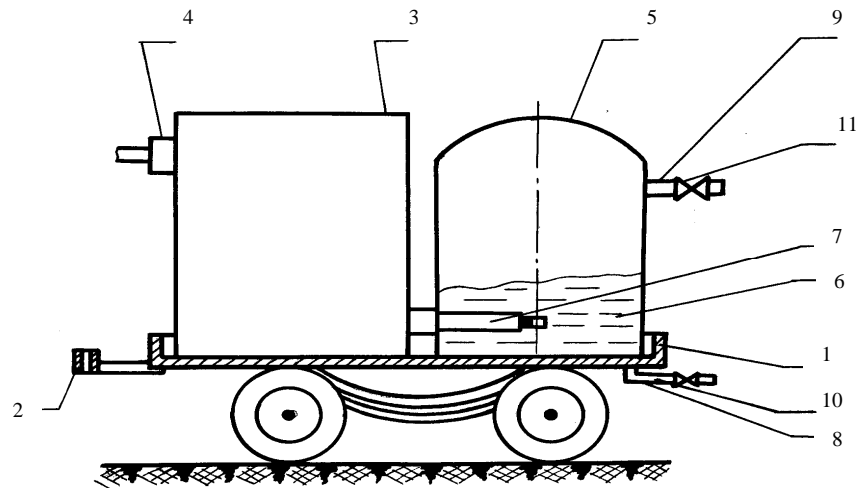


Рис. 1. Мобильная установка для очистки воды от биологических загрязнений

Здесь изображены ходовая часть (1) с буксировочным крюком (2), на которой установлена собственно электрогидравлическая установка (3)

с кабельным вводом (4) и бак (5), заполненный водой (6), в котором располагается электрод (7), электрогидравлической установки. Бак (5) снабжен нижним сливным выходом (8) и верхним входным вводом (9), причем, как вход, так и выход снабжены соответствующими вентилями (кранами) (10) и (11).

Такая малогабаритная установка может быть легко доставлена в зараженную зону и быстро введена в работу. Емкость рабочего бака может составлять до 0,8 м<sup>3</sup>, обеспечивая выдачу очищенной воды в объемах до 5÷10 м<sup>3</sup> час. Помимо, как средство непосредственной очистки питьевой воды, указанная установка может успешно применяться и для армейских нужд в комплекте с передвижной походной кухней, обеспечивая пищей соответствующие армейские подразделения.

Методы электрогидравлики в более мощной установке [4], могут применяться для очистки воды непосредственно в водяной скважине. Так, например, согласно последнему сообщению от Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), после того, как в Бангладеше и Индии около 77 млн. человек подверглись опасности отравления питьевой водой, содержащей высокий уровень мышьяка, это может привести к смерти более 270 тыс. человек, что будет самым крупным массовым отравлением в мире. Вышеупомянутое отравляющее вещество, обычно присутствующее в почве, приводит к поражению кожи, а также к раку кожи, легких, почек, мочевого пузыря и многим другим заболеваниям. В результате арсеникоза на данной территории уже погибли сотни людей. «Мы

до сих пор не знаем, сколько миллионов подверглось этой опасности и насколько серьезной она была, однако по предварительным подсчетам эта цифра варьируется от 35 до 77 млн.».

Дипанкар Чакраборти, ученый Джадавпурского университета в Калькутте, сообщил, что, по крайней мере, 30 млн. человек в Бангладеше и еще 5 млн. в восточных штатах Индии пили зараженную воду, содержание мышьяка в которой составляло 50 частей на миллион, что в пять раз превышает допустимый предел, установленный ВОЗ. В Бангладеше и Индии десятки тысяч людей продолжают пить воду из колодцев, в которых содержание мышьяка в 50-100 раз превысило допустимый предел, установленный ВОЗ.

ВОЗ установила допустимый предел содержания мышьяка в питьевой воде, основываясь на том, что в среднем человек потребляет два литра воды в день. Тем не менее, в таких тропических странах как Бангладеш и Индия, человек потребляет в среднем четыре литра. Это означает, что здесь для безопасности нужно пить воду, содержащую мышьяк не более 5 частей на миллион.

В 1970 годах Фонд ООН помощи детям и Всемирный банк выделили денежные средства на то, чтобы в Бангладеше пробурили 10 млн. скважин небольшой глубины для колодцев, а затем всем жителям посоветовали пить воду только из них, чтобы защититься от переносимых водой болезней – например, от холеры. Однако переход в 1993 г. от традиционно выкапываемых колодцев глубиной не менее 300 м, к пробуриваемым

колодцам глубиной 50 м, как оказалось, стал для многих смертельным.

Заболевания в результате отравления привели также к появлению в обществе такого понятия, как «мышьяковый развод». Типичным примером жертвы отравления является Калпана Мондал. У этой женщины была счастливая семейная жизнь, однако через три года после того, как она вышла замуж, на ее коже стали появляться мозоли. Вскоре ее ладони были изувечены язвами, а на ступнях выросли образования, напоминающие бородавки. Она стала хромать, а большинство членов многочисленной семьи ее мужа отказались принимать пищу из ее обезображенных рук.

Врачи провели осмотр и поставили диагноз: отравление мышьяком, сказав, что причиной была зараженная вода в ее родной деревне, находящейся на границе Индии и Бангладеша. Эту воду она пила с детства. Муж и кое-кто из его родни заявили, что болезнь так ее «изуродовала», что больше в их семье ей жить нельзя. Некоторые соседи решили, что у нее проказа – болезнь, ведущая в индуистском обществе к немедленной изоляции. Вскоре 30-летнюю женщину вместе с дочерью, которой исполнился год, отправили к родителям, а муж сказал, что вернуться она сможет только тогда, когда вылечится.

Субхат Дутта, живущий в Калькутте активист в борьбе за оздоровление экологии, сообщил следующее: «За последние десять лет в Индии и Бангладеше имели место сотни подобных «мышьяковых разводов». В некоторых случаях подвергшиеся изгнанию женщины совершали самоу-

бийство. Тысячи молодых женщин не могут выйти замуж из-за отметин, оставленных арсеником. Недавно группа индийских, бангладешских и английских ученых заявили о том, что им удалось разгадать, каким образом подземная вода заражается мышьяком, и появилась надежда, что можно найти легкий способ очистить ее на огромной территории. В отчете, опубликованном в журнале «Нейчер», ученые заявили, что обнаружили бактерии, которые могут удалять из почвы образовавшийся естественным путем мышьяк, который затем, путем выщелачивания, попадает в подземные воды.

В 2001 г. в одном из лондонских судов проходили слушания, касающиеся прошения от группы жителей Бангладеша, пострадавших от мышьяка, которые потребовали компенсации от Британской геологической службы (БГС) за то, что ее специалисты в Бангладеш не определили высокий уровень содержания мышьяка в подземных водах и подвергли опасности их жизни. Представлявшие интересы бангладешских истцов, английские юристы утверждали, что специалисты БГС небрежно отнеслись к своим обязанностям, когда не проверили подземные воды на наличие мышьяка, осуществляя в 1991 и 1992 гг. пилотный проект по определению токсичности воды в центральных и северо-восточных областях Бангладеша. Против БГС были приведены дополнительные доводы: поскольку мышьяк обнаружили в подземных водах в соседней Западной Бенгалии, здравый смысл подсказывал, что в Бангладеше также нужно провести проверку на содержание мышьяка.

Указанных проблем можно было бы вполне избежать, если бы использовали для набора питьевой воды прежние глубокие скважины с обработкой их методами электрогидравлики для увеличения дебита воды и очистки от биологических загрязнений. Поставленная задача решается таким образом: в обсадной трубе скважины выполняются отверстия, а в самой скважине размещается электродная система электрогидравлической установки, включающей в себя также источник высокого напряжения и систему управления. Кроме того, все устройство оснащено еще датчиками нижнего и верхнего уровня воды в скважине (рис. 2). Таким образом, устройство для очистки воды непосредственно в скважине содер-

жит силовой источник высокого напряжения 1, в качестве которого используется мощная батарея высоковольтных конденсаторов, систему управления 2, коаксиальный кабель 3 для соединения электродной системы 6, расположенной в обсадной трубе 8 с источником 1. В стенках трубы 8 выполнены отверстия 7, необходимые для водозабора. Внутренний объем трубы 8 представляет собой разрядную камеру, в которой установлены два датчика 9 и 10 верхнего и нижнего уровня воды соответственно, которые соединены с входами 1,2 и 3,4 системы управления 2, на которую подается пусковой импульс от датчика 11. На рис. 2 показана также вода 4, находящаяся в скважине (трубе) 8.

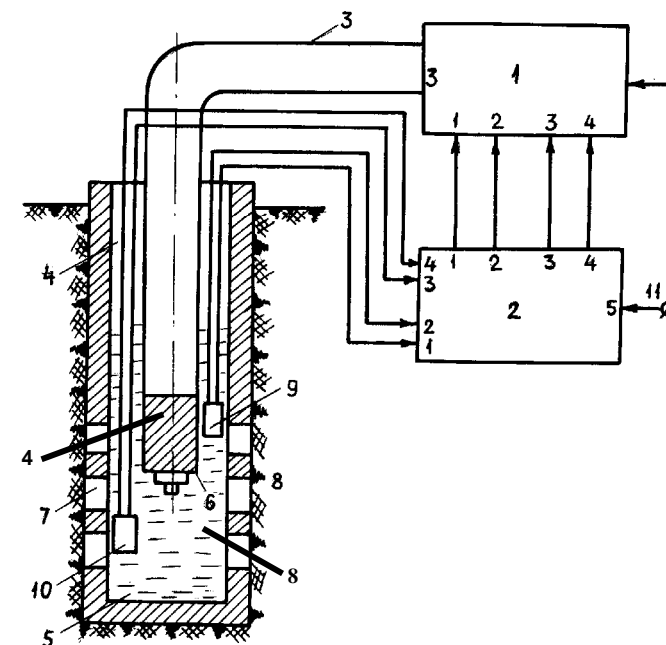


Рис. 2. Система очистки воды в скважине

Устройство очистки работает следующим образом. При наличии воды

5 в трубе 8 датчик 10, а потом и 9 дают соответствующие сигналы на

управляющую систему 2, которая, в свою очередь, вводит в работу источник 1. После разряда батареи высоковольтных конденсаторов происходит подача напряжения на электродную систему 6. Пробой межэлектродного промежутка вызывает электрический высокотемпературный разряд в воде, под воздействием которого ее микробная флора, в первую очередь бактериальная, интенсивно погибает. Чистая вода насосом (на рис.2 не показан) подается на хозяйственные нужды.

Использование предлагаемого технического решения позволяет, во-первых, проводить очистку воды непосредственно в скважине с одновременным увеличением её дебита, и, во-вторых, повысить срок действия электродной системы за счет подачи напряжения на электродную систему

только при наличии воды в разрядной камере.

### Выводы

Обобщая изложенное, можно сделать вывод, что применение электрогидравлических технологий для восстановления нормального режима работы прежних ранее действующих, глубоких скважин позволило бы избежать всех упомянутых выше экологических и социальных проблем путем снабжения населения целого района питьевой водой высокого качества. Учитывая, что импульсы электрического тока, которыми установка воздействует на воду, находящуюся в скважине весьма кратковременны (до 1мкс), эксплуатационные расходы на процесс очистки воды весьма малы.

### Литература

1. Малюшевский П.П. Основы разрядноимпульсной технологии/ Малюшевский П. П.-К.:Наук. думка, 1983.-253с.
2. Мнухин А.Г., Брюханов А.М., Насонов С.В., Мнухин В.А. Обеззараживание поверхностных и сточных вод с помощью электрогидравлического воздействия. Водоснабжение и санитарная техника ССТ8-191, 2002. ВСТ № 11.
3. Сытник И.А. Электрогидравлическое действие на микроорганизмы./ Сытник И. А. -К. : Здоровье, 1982.-94с.
4. Разработка multifunctionальной гидравлической установки «Импульс»/ А. Г. Мнухин, В. А. Мнухин, И. П. Горошко и др. Весті Академії інженерних наук України.-2001.-№1(12).-с.3-8.

УДК 504.05.54:631.445

## SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS AS DESTRUCTION PREREQUISITE OF UNDERGROUND METAL CONSTRUCTIONS AND WAYS OF ITS PREVENTION

Ince I.

State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management  
35, Mitropolyt Vasyl Lypkivsky Str., Kyiv, Ukraine, 03035  
Iryninet@mail.ru

This paper analyzes the danger of soil contamination with heavy metals. The paper shows a special danger of pollutants and their impact on the resistance of underground metal constructions. Research was conducted on the example of contaminated soil of industrial eco-hazardous enterprises of Chernigov region. Pollution on the total index of soil pollution ( $Z_c$ ) was assessed. It was established that soil contamination of enterprises territories refers to the dangerous (soil category III,  $Z_c = 32 \dots 128$ ). It was shown that such degree of soil contamination with heavy metals reduces the resistance of metal constructions in it. Thus, the groups of steel 20 lasting quality are classified as "little lasting". In order to control soil pollution with heavy metals developed synergistic protective composition of secondary raw materials is suggested. It contributes to soil cleaning by 31-37%, and thereby reduces the corrosion activity of soil. *Keywords:* heavy metals, soil, pollution, synergistic protective composition, metal constructions, destruction danger, environmental hazards.

**Забруднення ґрунтів важкими металами як передумова руйнування підземних металоконструкцій та шляхи його попередження.** Індже І. Д. Проаналізовано небезпеку забруднення ґрунтів важкими металами. Показана особлива небезпека поллотантів, а також їх вплив на міцність підземних металоконструкцій. Дослідження проведені на прикладі забруднених ґрунтів промислових еколого-небезпечних підприємств Чернігівщини. Оцінювали забруднення за сумарним показником забруднення ґрунту ( $Z_c$ ). Установлено, що забруднення ґрунтів територій підприємств відноситься до небезпечного (ґрунт III категорії,  $Z_c=32\dots128$ ). Показано, що така ступінь забруднення ґрунту важкими металами значно знижує тривкість металоконструкцій в ньому. Так, групи тривкості сталі 20 класифікуються як "малотривкі". Для боротьби з забруднення ґрунтів важкими металами запропоновано розроблену синергічну захисну композицію на вторинній сировині, що сприяє очистці ґрунту на 31-37%. і знижує корозійну активність ґрунту. *Ключові слова:* важкі метали, ґрунти, забруднення, синергічна захисна композиція, металоконструкції, небезпека руйнування, екологічна небезпека.

**Загрязнение почв тяжелыми металлами как предпосылки разрушения подземных металлоконструкций и пути его предупреждения.** Индже И.Д. Проанализирована опасность загрязнения почв тяжелыми металлами. Показана особая опасность поллотантов, а также их влияние на прочность подземных металлоконструкций. Исследования проведены на примере загрязненных почв промышленных эколого-опасных предприятий Черниговщины. Оценивали загрязнение по суммарному показателю загрязнения почвы ( $Z_c$ ). Установлено, что загрязнение почв территорий предприятий относится к опасному (грунт III категории,  $Z_c = 32 \dots 128$ ). Показано, что такая степень загрязнения почвы тяжелыми ме-

таллами значительно снижает прочность металлоконструкций в нем. Так, группы прочностности стали 20 классифицируются как "малопрочные". Для борьбы с загрязнением почв тяжелыми металлами предложено разработанную синергическую защитную композицию на вторичном сырье, что способствует очистке почвы на 31-37%. и снижает коррозионную активность почвы. *Ключевые слова:* тяжелые металлы, почвы, загрязнение, синергическая защитная композиция, металлоконструкции, опасность разрушения, экологическая опасность.

Over the past centuries understanding of the importance of environmental issues reached its highest point. Nature protection activity occupied an important place in the politics of many countries and become the realm of international relations. As the process of migration caused by human industrial activity began in the biosphere, a third type of circulation of substances in nature (except geological and biological) was formed, it is the technological. There is a need to study in detail, classify various man-made pollutions, predict them, be able to prevent them, reduce, neutralize, finally deal with the consequences of various negative human influences on nature. However, the degradation of the environment in the late XX century gained such proportions that efforts to eliminate the consequences of human activity are not sufficient.

Today more than 7000 chemical compounds released during manufacturing, many of which are toxic, mutagenic and carcinogenic pollute the environment.

Heavy metals (HM) are among the widespread pollutants of the biosphere. Nowadays on the degree of danger they are in second place after pesticides and far ahead of such well-known pollutants as carbon dioxide and sulfur. Environmental contamination with heavy metals due to their wide use in industry and in weaknesses of clearing systems, resulting pollutants released to the environment with dust and gas industrial emissions, transport, impurities fertiliz-

ers, pesticides etc. A significant contribution to anthropogenic pollution with HM destruction of technical structures in technological and natural environments, that often accompanied by technological accidents and environmental disasters, with loss of flora and fauna bring [1-4].

Unlike many toxins, heavy metals are not peculiar self-purification processes, inherent stability in the environment as well as transformation because of the possible competing conjugated chemical equilibrium reactions: protolytic ( $K_a$ ,  $K_B$ ,  $K_H$ ), redox ( $K_{redox}$ ), complex ( $K_{st}$ ), precipitation ( $K_p$ ) and others. HM cations ( $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  and others.) are activators of corrosion, HM anions ( $Cr_2O_7^{2-}$ ,  $CrO_4^{2-}$ ) are depolarizers of cathodic corrosion reaction.

Ukraine saturated with ground, underground, underwater trunking oil-, gas-, products pipe lines (including  $Cl_2$ ,  $NH_3$ , etc.), whose total length is more than 40 thousand km. Most of them work with lifetime over 30 years. The analysis of oil and gas industrial pipelines exploitation throughout Ukraine, Russia, Tatarstan showed that oil pipelines breaching usually occur within 6 ... 12 months after putting into operation. It was established that in 70 ... 80% of cases they are the result of corrosion, fatigue phenomena, hydrogen sulphide cracking [5, 6].

Accident ranking, for their causes in trunking gas pipelines shows that a significant contribution (up to 43%) is

provided by underground corrosion. Accidents on the trunking oil and gas pipelines cause the greatest damage to soil: with one burst of oil on average emitted 2 tons of oil that violates the state of 1000 m<sup>3</sup> of soil. When accidents on gas condensate pipelines about 2 million tons / year of oil products get on the surface of the soil. As a result soil saturation of so-called "oil metal" contained in the oil: V, Ni, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Fe and others is enhanced [6].

There are no universal means of controlling pollution with heavy metals, including soil. So to find ways to control pollution with heavy metals, especially soil, as the final storage of heavy metals is very important. Composition of comprehensive action to reduce heavy metals in the soil, which work at least locally, can be quite effective.

Therefore, the aim of the paper was to develop a synergistic composition (synergistic protective composition (SPC)) of comprehensive action on recycled resources with regional waste disposal, which provides reduction of corrosion active HM cations in the soil.

The structure of developed protective composition comprises three components [7]

1. Waste of Public Limited Company "Chernigov Khimvolokno" (CKV), mass fraction:  $\epsilon$ - caprolactam 40, oligomers of caprolactam 45, inorganic compounds 4.5, water - the rest. Or waste of Public Limited Company "Azot" KUB mass fraction: MEA 50, resinous substance 10-30, ash 8-10, water - the rest.

2. The pharmaceutical industry waste is derived thiazole (2- [n- (o-karboksibenzamido) benzolsulfamido] thiazol) is sulfanilamide antimicrobial

agent (bactericide) as synergistic supplement (SS).

3. Natural Zeolite is aluminosilicate, the general formula:  $M_{2/n}Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$  (M is alkaline, alkaline earth metal, n is its degree of oxidation).

To study the operation of developed composition we were treated soil (1-3 g / m<sup>2</sup>), contaminated with heavy metals, the proportion of components in the composition is 1: 2: 3 = 1: 0.1: 1.

Eco-efficiency protective composition was assessed by calculation of the sum of soil contamination  $Z_c$  [8], the underlying index  $K_p$ , which characterizes the rate of metals corrosion (mm / year), using 10- point scale [9] by the formulas:

$$Z_c = \sum K_{ci} \cdot (n-1) \quad (1)$$

$$K_{ci} = C_{факт} / C_{фон} \quad (2)$$

n – HM number (n=5,  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ )

$$K_p = 1.16 K_m \text{ (gravimetry)} \quad (3)$$

$$K_m = (\Delta m / S \cdot \tau), \text{ г/(m}^2 \cdot \text{hour)} \quad (4)$$

$\Delta m$  – weight loss (g) of sample (57×12×2.5 mm) made of steel 20, 45, S – area, m<sup>2</sup>,  $\tau$  – time, hour. The experiment duration was 100 days.

Efficiency indicators of sanitary protection zone (SPZ) –  $Z_c$  and  $K_p$  were determined using soil samples selected by [10] on the territory of environmentally hazardous enterprises in Chernihiv city: PLC "Chernigov Khimvolokno" (CKV), PLC "Chernigov factory of radio devices" (CFRD), PLC "Chernihiv combined heat and power plant" (CCHPP) on the buffer zone (1) and at a distance of HM maximum concentration (2).

The obtained Zc data are presented in Table 1. They show that soil contamination with HM refers to a dangerous (soil of category III, Zc = 32 ... 128).

Soil treatment with SPC reduces soil HM contamination (Table. 1) at 31-37%. As a result, the soil on the buffer zone goes to the category II of danger - moderately acceptable (Zc = 16 ... 32).

Reduction of corrosive action of the soil, through its clearing from HM using SPS studied on steel 20 in terms of Kp, characterizing metal corrosion rate (mm / year) and evaluated by the Kcm (expressed in points) - durability of struc-

tural metals indicator in polluted soil with HM that according to [9].

Table 1

**The total rate of soil contamination with HM – Zc**

Pollution bubble	CCHPP	CFRD	CKV
before soil treatment with SPC			
1	40	33	35
2	57	45	50
after soil treatment with SPC			
1	30	23	26
2	39	28	33

Table 2

**The metals corrosion rate in contaminated soil with HM - Kp (mm / year), and point their durability - Kcm (point)**

Indicator	CCHPP	CFRD	CKV	CCHPP	CFRD	CKV
	before soil treatment with SPC			after soil treatment with SPC		
Kp	5.11	0.55	1.05	0.95	0.08	0.15
Kcm	9	7	8	7	5	6
Durability group	soft durable	reduced durable	soft durable	reduced durable	durable	reduced durable

The data in Table 2 show a decrease of soil pollution treatment with SPC at 81-85% and, as a consequence, reduction of corrosive action of the soil.

Table 2 shows that the soil treatment with SPC reduces corrosion activity by 2 points, a group of steel 20 durability goes from "soft durable" in group "reduced durable" (9 point→7 point, 8 point→6 point) and "reduced durable" (point 7) - in "durable" (point 5).

The data presented in Table. 1-2 were derived with SPC treatment - 1 g / m<sup>2</sup>. With increasing concentration to 3 g / m<sup>2</sup>, Zc is reduced at 40-45%, and the corrosion activity - at 90-92%

Some components of SPC (K, SA, zeolite) do not sufficiently protect steel

20 from corrosion: Z = 43 ... 50%. The use of SPC (1-3 g / m<sup>2</sup>) causes components synergistic effects:  $\gamma_{syn} = 1.8 ... 2.2$ . It is significant that this is happening as intramolecular and intermolecular synergy that promotes the transfer of mobile forms HM (free cations of HM) in a still from adsorption at active polar adsorbent - zeolite and protection technical structures from corrosion, the formation on the surface nanoscale metal resistant protective film (about 40 ... 50 nm, which is confirmed by Auger spectroscopy).

The mechanism of SPC action is associated with polydentate ligands (Fig. 1) [11]:

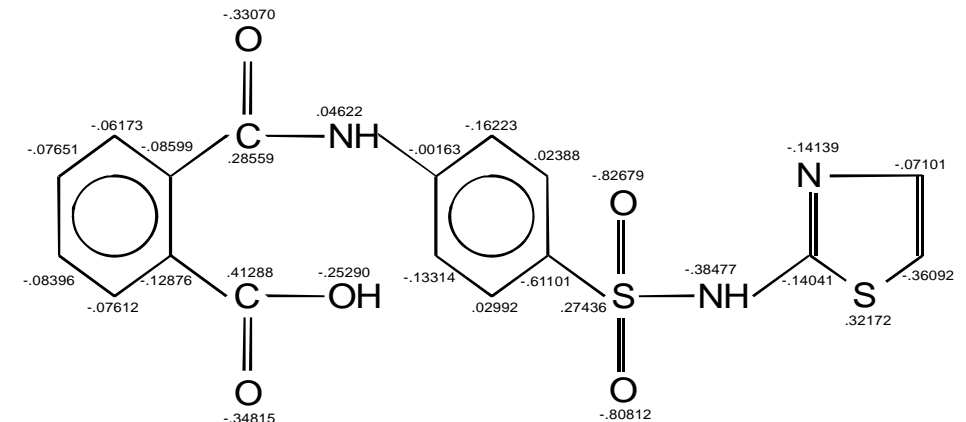


Fig. 1 – Electronic structure of synergistic additives

Fig. 1 shows that the adsorption (reactionary) centers are N, S endoatoms, N, O ekzoatoms benzene (Ph) and thiazole (Tz) ring.

Under the action of CД as anion efficiency of protection correlates with the maximum electron density at oxygen atom– O ( $q_o = -0.8350$ ), and minimum ionization potential ( $I_{an} = 5.96$  eB), which activates the formation

$\pi$ - donor-acceptor links ( $L \xrightarrow{\bar{E}} Me$ ), while it actions as Kat-active reaction centers are S atoms ( $q_s = -0.4252$ ), which causes the formation of  $\pi$ -dative links, with  $e$  transition from metal to ligand:

( $Me \xrightarrow{\bar{E}} L$ ). In addition, the formation of  $\pi$ - donor-acceptor links high  $I$  (12.35 eB) prevents. Consequently, there is intramolecular synergistic effects of SA. Intermolecular synergies associated with the presence of active components in waste of K, KUB of polyamide links (-NH-CO-), where N, C, O atoms have sp<sup>2</sup>- hybridization and demonstrate negative inductive and mesomeric effects. As a result protonation reactions occurring in centers of adsorption of

molecules, cations, anions in K, KUB: O, N, C atoms, with a predominance in oxygen, intensifies. This promotes the formation of insoluble metalohelatny complexes with HM (transfere of HM cations from moving in immoving form). Zeolite as polar adsorbent, contributes adsorption of metalohelatny complexes with ligands containing double links. In addition, it reduces the content of free cations by ion exchange. Reduction of corrosive action of steel 20 is due metalohelatny resistant film on its surface, as evidenced by IR- and Auger spectra.

Thus, known soil treatment with organic fertilizers, Ca, P-containing compounds, turf as intended (is only used for binding HM in the soil), as and according the composition is less efficient then developed SPC of complex action that lowers HM content, and, consequently, increases the corrosion resistance of the steel causes the metal to prevent damage and man-made disasters, and the resulting environmental disasters.

### Conclusions

- proposed SPC provides high protection performance against corrosion of carbon steels which are widely used as structural materials of pipelines, especially in the oil and gas sector ( $Z = 80-97\%$ );

- production of SPC is based on available raw materials - large-tonnage chemical production waste. This reduces the cost of production: cheap raw materials, industrial engineering on the

location of primary sources, energy savings, improvement of the environment;

- social and environmental efficiency of use of K (КУБ), СД as part of SPC helps to prevent industrial accidents with potential environmental disasters, improve soil quality, as it is evidenced by prognosis environmental assessment of SPC by controlled sanitary and toxicological indicators that meet environmental safety (SPC relate to 4 danger level – low dangerous substances).

### References

1. Водяницкий Ю. Н. Изучение тяжелых металлов в почвах / Ю. Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2005. – 110 с.
2. Добровольский В.В. Миграционные формы и миграция масс тяжелых металлов в биосфере / В.В. Добровольский– К.: Научн. мир. 2006. – 280 с.
3. Рудько Г.І. Конструктивна геоecologia: наукові основи та перспективи втілення / Г.І. Рудько, О.І. Адаменко. – Ч.: Маклаут, 2008. – 320 с.
4. Охорона техноприродних екосистем від техногенного забруднення / [Старчак В. Г., Пушкарьова І.Д. та ін.] // Фальцфейнівські читання – 2009. – С. 339-342.
5. Сидоренко С.Н. Коррозия металлов и вопросы экологической безопасности магистральных трубопроводов / С.Н. Сидоренко, Н.А. Черных. – М.: РУДН, 2002. – 83 с.
6. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Аكوпова, В.М. Максимов. – М.: Наука, 1997. – 598 с.
7. Пат. 66437 Україна, МПК (2011.01), C23F 11/00, A 01B 79/00. Композиція для зменшення забруднення ґрунту важкими металами як небезпечними екологічно-корозійними агентами / Старчак В. Г, Цибуля С. Д., Пушкарьова І. Д., Мачульський Г. М. – № u 201103550; заявл. 25.03.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. №1.
8. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу безпеки для здоров'я населення: ДСанПіН 2.2.7. 029-99. - [Чинний від 01.07.1999]. – К.: МОЗ України. – 6с.
9. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости: ГОСТ 9.908-85. - [Чинний від 01.01.1987]. – М.: ГК СССР по управлению качеством продукции и стандартам. – 79с.
10. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: ГОСТ 17.4.3.01-83. – [Чинний від 1984-01-07]. – М.: Государственный комитет по стандартам СССР. – 4с.
11. Пушкарьова І. Д. Удосконалення комплексного оцінювання екологічного стану та засобів захисту техноприродних систем від забруднення важкими металами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 "екологічна безпека" / Пушкарьова Ірина Дмитрівна – Київ, 2013. – 23 с.

УДК 502.2 +504.4 +574

## ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ПРИРОДНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ВОДОЙМ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

Шекк П.В.

Доктор сільськогосподарських наук,  
завідувач кафедри водних біоресурсів та аквакультури,  
Одеський державний екологічний університет,  
вул. Львівська, 15, 065016, м. Одеса  
[shekk@ukr.net](mailto:shekk@ukr.net)

Формування біоти і біологічна продуктивність лиманів і лагун Причорномор'я залежить від їх гідролого-гідрохімічного режиму, формування якого відбувається в основному за рахунок прісноводного стоку і притоку морських вод. Осолонення водойм призводить до перебудови біоценозів, зменшення біологічної різноманітності іхтіофауни і зниження рибопродуктивності. Високою продуктивністю відрізняються солонуватоводні екосистеми із стійким гідролого-гідрохімічним режимом, багатою кормовою базою і наявністю популяцій промислових риб, що самовідтворюються. Найбільш сприятливі умови мають лимани відкритого типу і закриті водойми з постійним прісноводним стоком (Хаджибейський лиман). Водойми напівзакритого типу найуразливіші, їх продукційні можливості практично повністю залежать від наявності зв'язку з морем. Ключові слова: лимани, лагуни, Причорномор'я, формування біоти, біологічна продуктивність, гідролого-гідрохімічний режим.

**Экологические факторы формирования естественной продуктивности водоемов северо-западного Причерноморья.** Шекк П. В. Формирование биоты и биологическая продуктивность лиманов и лагун Причерноморья зависит от их гидролого-гидрохимического режима, формирование которого происходит в основном за счет пресноводного стока и притока морских вод. Осолонение водоемов приводит к перестройке биоценозов, уменьшению биологического разнообразия ихтиофауны и снижению рибопродуктивности. Высокой продуктивностью отличаются солонуватоводные экосистемы с устойчивым гидролого-гидрохимическим режимом, обильной кормовой базой и наличием самовоспроизводящихся популяций промысловых рыб. Наиболее благоприятные условия имеют лиманы открытого типа и закрытые водоемы с постоянным пресноводным стоком (Хаджибейский лиман). Водоемы полузакрытого типа наиболее уязвимы, их продукционные возможности практически полностью зависят от наличия связи с морем. Ключевые слова: лиманы и лагуны Причерноморья, формирование биоты, биологическая продуктивность, гидролого-гидрохимический режим.

**Environmental factors of natural productivity ponds North-Western the Black Sea.** Shekk P.V Formation biota and biological productivity of estuaries and lagoons of the Black Sea depends on their hydrologo-hydrochemical regime, the formation of which is mainly due to the influx of freshwater runoff and marine waters. Salinity reservoirs leads to a restructuring of ecological communities, biodiversity loss and reduced fish fauna fish productivity. Characterized by high productivity brackish ecosystem sustainable hydrological and hydrochemical regime, abundant food supply and the presence of self-reproducing populations of commercial fish. In this respect, the most favorable conditions estuaries have an open and closed water bodies with permanent freshwater runoff (Hadzibeevsky estuary). Semi-reservoirs are the most vulnerable, they are the production possibilities are almost totally dependent on the availability of

communication with the sea. Keywords: estuaries and lagoons of the Black Sea, forming biota, biological productivity, gidgologo-hydrochemical regime.

### Вступ

Лимани і лагуни Причорномор'я – високопродуктивні природні екосистеми. Особливості природних умов (мілководність, опрісненість, висока температура, велика кількість біогенних елементів та ін.) у поєднанні з присутністю в складі флори і фауни прісноводних, солонуватоводних і морських форм визначають велику біологічну різноманітність і високу продуктивність таких екосистем [4].

На жаль сьогодні деякі з них, за різних причин, втратили своє рибогосподарське значення. На Сухому і Малому Аджалицькому лиманах збудовані крупні морські порти. Втратив зв'язок з морем і до недавнього часу був забутий Великий Аджалицький лиман. Така ж доля спіткала Покровські озера, Малий Сасик, Джаншейське озеро і деякі інші водойми. Екологічний стан багатьох Приморських лиманів і лагун, під впливом антропогенних чинників, зазнав значних змін, що відбилося на їх продукційних можливостях [1;5;8].

Разом з тим, більшість Приморських водойм півдня України і сьогодні залишаються достатньо перспективними для розвитку різних напрямків аквакультури. Загальна площа цих водойм – понад 1200 км<sup>2</sup>.

В залежності від своїх морфометричних характеристик, рельєфу місцевості, режиму, шляхів водозабезпечення та інших чинників, Причорноморські лимани, мають специфічний гідрологічний, гідрохімічний і, відповідно, гідробіологічний режими [2;3].

Саме солоність води є найважливішим чинником, що визначає розвиток біоти лиманів та їх продуктивність. Від солоності залежить склад фауни та флори водойм [5-8].

**Мета дослідження** полягала у визначенні основних факторів та стану природної продуктивності водойм північно-західного Причорномор'я.

Під час дослідження вирішувалися такі **завдання**:

- аналіз основних геоморфологічних та гідролого-гідрохімічних характеристик лиманів різного типу;
- характеристика особливостей їхнього сучасного екологічного стану та біопродукційний потенціал основних складових кормової бази;
- аналіз умов формування іхтіофауни;
- запропонувати модель для оцінки продукційних можливостей Причорноморських лиманів різного типу.

### Виклад основного матеріалу

За походженням всі Причорноморські лимани можна умовно поділити на дві групи: такі, що утворилися як прісноводні річні естуарії, що в геологічному минулому відокремилися від моря і такі, що утворилися внаслідок відокремлення від моря піщаними барями окремих морських заток [3]. Враховуючи морське походження більшості Причорноморських лиманів, їхні основні характеристики і залежать від зв'язку з морем. За характером водного живлення виділяються такі основні типи й підтипи водойм [3;4]:

- Відкритий (розімкнутий) тип об'єднує всі лимани, що мають віль-

ний водообмін з морем. Він поділяється на підтипи: відкритий з більшим надходженням річкового стоку (Дністровський лиман); – відкритий – з незначним надходженням прісноводного стоку (Сухий, Григор'ївський лимани).

– Закритий (замкнений) тип: закритий – з істотним надходженням прісноводного стоку або штучного водозабезпеченням (Сасик, Хаджибей); закритий – з незначним надходженням прісноводного стоку (Куяльницький).

– Періодично закритий (напівзакритий) тип: – з незначним або нерегулярним надходженням прісноводного стоку та припливу морських вод (Тузловська група, Шаболатський, Великий Аджалицький, Тілігульський лимани).

За солоністю вод лимани поділяються на:

- олігогалінні S‰ – 0,5-4‰ (Сасик, Дністровський, Хаджибейський);
- мезогалінні S‰ – 4-15 ‰ (Тілігульський);
- понтичні морські – S‰ 15-18‰ (Сухий, Малий Аджалицький);
- полігалінні – S‰ 15-35‰ (Тузловські, Шаболатський, Великий Аджалицький);
- ультрагалінні – S‰ понад 35‰ (Куяльницький).

Характерні практично для всіх Причорноморських лиманів мінливість гідрологічного режиму та зміни солоності води обумовлюють суцесії біоценозів, часті якісні перебудови водних екосистем і показників їх біопродуктивності в часі та просторі.

Різка зміна екологічних умов (солоності, газового режиму, трофності, рівня води) та мінливість форм існування самих водойм сфо-

рмували у гідробіонтів широкі можливості адаптації до подолання несприятливих умов з наступним спалахом розвитку при відновленні сприятливих. Цим визначаються різкі коливання рибопродуктивності лиманів протягом досить коротких відрізків часу.

Для рибогосподарського використання перспективні лимани всіх типів водного живлення (замкнені, відкриті, періодично закриті), як олігогалінні і мезогалінні, так і полігалінні. Разом з тим біологічна продуктивність лиманів Причорномор'я залежить від цілої низки чинників, тому стратегія рибогосподарського використання цих водойм повинна базуватися на знанні і умінні оцінювати вплив таких показників. Рибопродуктивний потенціал водойми визначає їхній гідролого-гідрохімічний режим, який цілком залежить від особливостей водного живлення лиманів.

Найбільш сприятливий він у лиманах відкритого типу. Так, гідролого-гідрохімічний режим відкритого Дністровського лиману в основному залежить від прісноводного стоку Дністра і притоку морських вод з Чорного моря. Такий режим (зонування водойми за солоністю вод) забезпечує формування біологічного різноманіття іхтіокомплексу. Опрісненість водойми створює передумови для інтенсивного розвитку кормової бази, показники якої перевищують такі для водойм закритого типу і періодично відкритих лиманів.

Наявність плавневої зони і заплави забезпечує природне відтворення туводної іхтіофауни, а достатня кормова база, сприятливий тем-



пературний і кисневий режими – інтенсивний нагул і швидке зростання гідробіонтів (рис 1).

З негативних, проблемних чинників притаманних водоймам відкритого типу слід відзначити прогресуюче евтрофування як наслідок значного антропогенного навантаження, скорочення природних нерестовищ від наявності яких залежить формування і чисельність, а в результаті – і промисловий потенціал популяції гідробіонтів.

Проблематичними для водойм відкритого типу залишаються також питання водозабезпечення. Зменшення об'єму в прісноводного стоку, які спостерігаються в Дністровському, Дніпро-Бузькому та інших лиманах такого типу, викликані зарегулюванням ріки, і збільшенням припливу солоних морських вод. Це порушує гідролого-гідрохімічний баланс водойм, що склався історично, і таким чином впливає на видову структуру, чисельність і біомасу організмів фіто- і зоопланктону, мікро- і макрофітобентосу, мейо і макробообентосу та інші продукційні складові кормової бази. Такі зміни біоценозів зазвичай призводять до деградації екосистеми, а її відновлення і стабілізація на новому якісному рівні іноді потребує значного часу.

Стан кормової бази істотно впливає на умови нагулу риб та інших гідробіонтів, їхнього росту, вгодованості, і, як наслідок, виживання в зимовий період (рис 1). Важливе значення для формування рибопродуктивності водойм мають умови відтворення. У водоймах відкритого типу природне відтворення забезпечують значні плавневі зони і

заплави, які навесні служать природними нерестовищами туводної іхтіофауни. Разом з тим, в останні роки площі природних нерестовищ у відкритих водоймах катастрофічно зменшуються, а зарегулювання рік порушує режими попуску, що негативно відбивається на природному нересті, а отже, і на чисельності популяцій. В результаті такі негативні явища призвели до значного зменшення рибопродуктивності водойм відкритого типу, хоча їхня продуктивність і на сьогодні залишається найвищою серед інших Причорноморських лиманів.

Водойми напівзакритого типу найбільш вразливі, серед лиманів північно-західного Причорномор'я. Типовий представник таких водойм – Шаболатський лиман. Гідрологічний режим таких водойм практично повністю залежить від їхнього зв'язку з морем. Прісноводний материковий стік або зовсім відсутній, або мінімальний і дуже не регулярний. Таким чином, гідролого-гідрохімічний режим таких лиманів практично повністю залежить від притоку морської води, атмосферних опадів і живлення підземними (джерельними) водами, які складають позитивну складову водообміну. Негативна частина водного балансу – це в основному випарювання з поверхні лиманів.

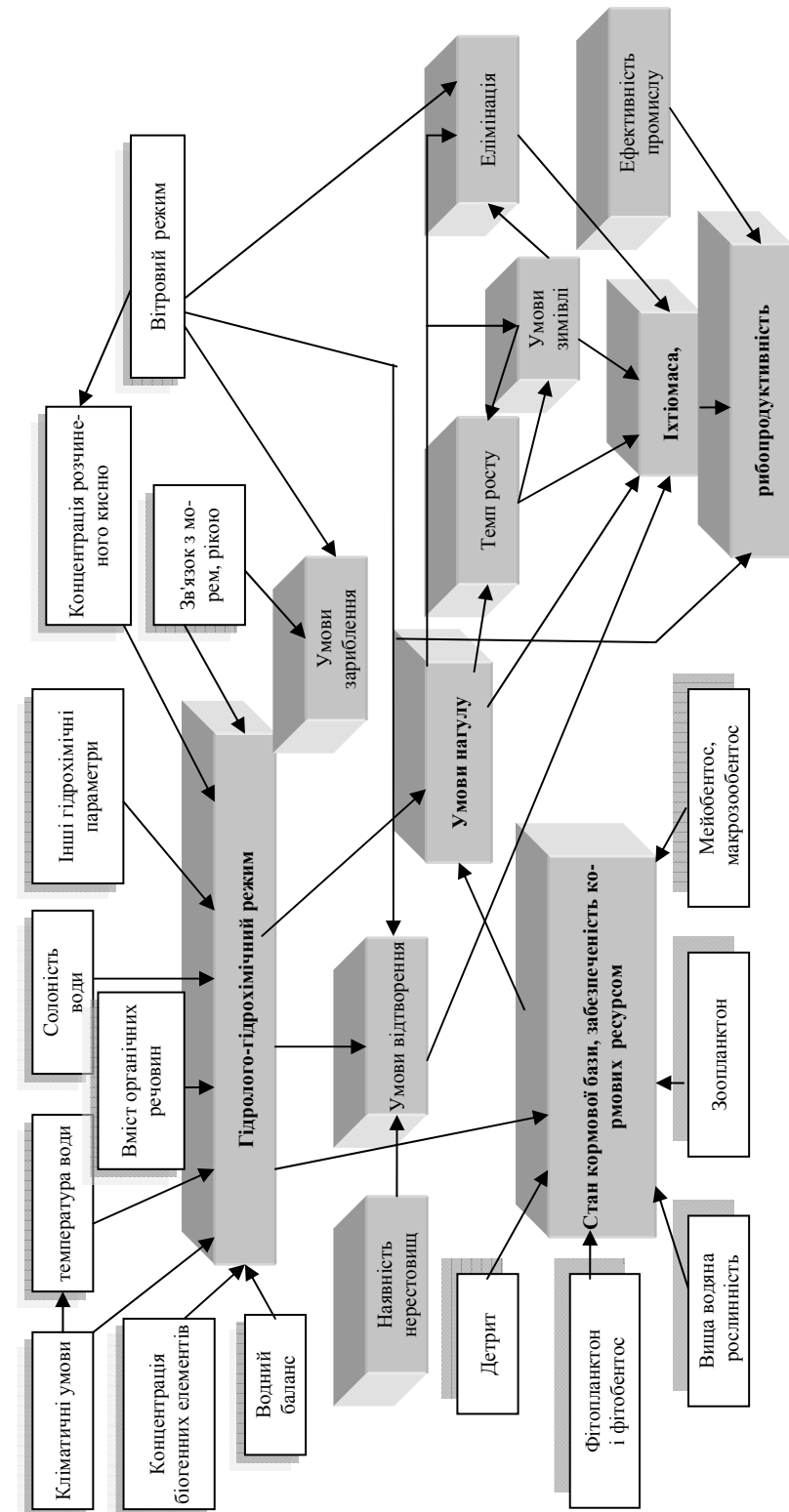


Рис. 1 – Блок-схема зв'язків абіотичних і біотичних чинників і їх вплив на рибопродуктивність лиманів

Як це було показано вище, сполучення лиманів напіввідкритого типу з суміжними морськими акваторіями здійснюється через обловно-запускні канали. Терміни і тривалість роботи каналів практично повністю визначають водно-сольовий баланс Приморських лиманів періодично закритого (напівзакритий) типу. В залежності від умов водообміну такі водойми поділяють на мезогалінні і полігалінні. Лимани першого типу характеризуються більш низькою солоністю вод і більш стабільним гідролого-гідрохімічним режимом. Другого типу – більш високими значеннями солоності і відносно не стабільним гідролого-гідрохімічним режимом. Зазвичай ізоляція напівзакритих лиманів від моря навіть на незначний період супроводжується їх осолоненням. Так, в окремі роки, коли Тілігульський лиман втрачав зв'язок з морем, солоність його вод зросла до 25-28% і більше. В Шаболатському лимані, в окремі періоди, коли він був повністю ізольований від моря і Дністровського лиману, підвищення солоності сягало 30% і більше.

Причому, такі зміни ставали помітнішими, чим триваліше продовжувалась ізоляція лиманів. Підвищення солоності і зростаюча евтрофікація водойм призводила до корінної зміни якісних і кількісних характеристик всіх складових кормової бази. У такі періоди спостерігалось практично повне зникнення у водоймі прісноводних форм гідробіонтів, помітне зменшення долі солонуватоводних видів і зростання чисельності і видового різноманіття морських форм. Такі зміни супроводжувалися збіднінням видового складу іхтіофауни, погіршенням умов відтворення і відповід-

но чисельності промислових гідробіонтів.

Так, в роки значного осолонення в Тілігульському і Шаболатському лиманах з іхтіофауна біла представлена тільки кількома видами бичків і камбалою глосою.

Відновлення роботи обловно-запускних каналів і значні паводки на впадаючих в лимани річках, а для Шаболатського лиману поновлення зв'язку з Дністровським лиманом, призводили до поступового зниження солоності, відновлення кормової бази, росту біопродуктивності. Каналами в лимани на нагул заходила молодь різних видів морських, солонуватоводних і прісноводних видів риб. Це сприяло збільшенню видового різноманіття іхтіофауни. Зниження солоності призводило до покращення умов відтворення аборигенної, туводної іхтіофауни. Поліпшення гідролого-гідрохімічного режиму лиманів і, особливо, зниження солоності забезпечувало інтенсифікацію зростання риб.

Таким чином, рибопродуктивність напіввідкритих Приморських лиманів цілком залежить від інтенсивності і тривалості роботи каналів. З одного боку, вони забезпечують приток морської води формують сприятливий гідролого-гідрохімічний режим і оптимальну солоність (в межах 14-20‰), а з іншого – зариблення водойми молоддю морських, солонуватоводних і прісноводних риб. Власне, такі умови впливають на підвищення загальної біологічної продуктивності водойми за рахунок збільшення чисельності і біомаси всіх компонентів кормової бази. Сприятливий гідрохімічний режим, температура і солоність в купі з рясною кормовою базою забезпечує інтенсивне зростання риб і інших промислових гідробіон-

тів, знижують елімінацію в період нагулу (рис. 1).

Найбільш значущі проблемами, що впливають на рибопродуктивність напіввідкритих лиманів Причорномор'я, такі:

- низьке біологічне різноманіття видів туводної іхтіофауни, більшість видів риб, що є об'єктами промислу, заходять у ці водойми навесні тільки на нагул;
- висока елімінація в зимовий період (малі глибини Шаболатського лиману і інших водойм такого типу);
- несприятливі умови природного відтворення (мінливий, несприятливий режим температури та солоності, обмежена кількість нерестовищ);
- проблеми з організацією промислу (пасивний лов на гарди, встановлені в обловно-запускних каналах).

Закриті, замкнені водойми за особливостями свого гідролого-гідрохімічного режиму дуже нагадують напіввідкриті водойми в періоди їх ізоляції від моря. Одним з найтипівіших представників водойм такого типу є Хаджибейський лиман.

На шляху свого історичного розвитку лиман пережив низку періодів, послідовно перетворюючись з солонуватоводної в полігалінну, потім в прісноводну і знову в солонуватоводну водойму. Як було показано вище, лиман утворився на місці морської затокою. Втративши зв'язок з морем, осолонився до 25-35‰.

В періоди осолонення лиману, як і у Шаболатському, Тілігульському та інших лиманах, тут відбувалася повна зміна біоти. Заміна прісноводних і солонуватоводних видів – морськими. Такі метаморфози призвели до збідніння іхтіофауни і зниження біо-

логічної продуктивності. В цей період відбулася докорінна зміна видового складу біоти лиману. Він практично повністю втратив прісноводні види. На зміну їм прийшли солонуватоводні і морські форми. Знизилась загальна рибопродуктивність лиману. Іхтіофауна скоротилася. В лимані залишається тільки декілька видів бичків і глоса. Крім того, об'єктом промислу у Хаджибейському лимані стають мідії і креветки.

Із скиданням опріснених вод з очисних споруд м. Одеси, лиман поступово опріснюється. Біота лиману змінюється. Прісноводні види риб, що прийшли на зміну морським, потрапили в лиман з впадаючих до нього річок, або були завезені в процесі інтродукції з Дністровського лиману і Придунайських озер. На фоні зростаючого біологічного різноманіття іхтіофауни зросла рибопродуктивність водойми.

Брак природних нерестовищ значно обмежує можливості природного відтворення риб в акваторії Хаджибейського лиману, натомість досить велика глибина водойми у купі з постійним припливом великих об'ємів прісної води забезпечували добрі умови для зимівлі різновікових груп іхтіофауни.

В останні роки в результаті скорочення об'ємів скидання опріснених стоків Хаджибейський лиман знов почав осолонюватися і нині солоність його вод коливається від 4-6‰ для відкритої акваторії лиману, до 14-17‰ – в Паліївській затоці.

Цей період, який триває з 90-х років можна, без перебільшення, назвати золотим періодом Хаджибейського лиману. Ріст біологічної продуктивності забезпечує велика кількість біогенів, що поступають в лиман з скидними водами очисних споруд.

Разом з тим сталий розвиток біоти забезпечує великий ступінь самоочищення вод від забруднення. Так, за гідрохімічними, токсикологічними показниками і ступенем сапробності Хаджибейський лиман відноситься до «помірно» або «слабко» забруднених водойм [7].

Істотне підвищення біологічного різноманіття і рибопродуктивності водойми відбулося завдяки спрямованому формуванню іхтіофауни водойми – вселенню в лиман срібного карася, коропа, рослиноїдних риб і піленгаса.

Далекосхідна кефаль-піленгас – яка в процесі натуралізації пристосувалася до природного відтворення в лимані, займає в водоймі провідне місце. Наявність здатної до самовідтворення багаточисельних популяцій кефалі-піленгаса, карася і судака, а також щорічне штучне зариблення коропом і рослиноїдними рибами сформували в лимані збалансований іхтіоценоз, здатний досить ефективно використовувати природні кормові ресурси водойми на всіх трофічних рівнях. Разом із застосуванням активних знарядь лову (механізовані волокуші) це забезпечило високу рибопродуктивність лиману, на сьогодні найбільшу з усіх Приморських лиманів.

### Висновки

Лимани і лагуни Причорномор'я – високопродуктивні природні екосистеми. Характер водного живлення повною мірою приділяє їх гідрологічного гідрохімічний режим та продукційні можливості. Солоність води – найважливіший чинник, що визначає розвиток біоти лиманів, її різноманіття та продуктивність.

Найбільш сприятливий гідрологічно-гідрохімічний режим у лиманах відкритого типу. Він забезпечує формування біологічного різноманіття іхтіокомплексу, створює передумови для інтенсивного розвитку кормової бази, показники якої перевищують такі для водойм закритого типу і періодично відкритих лиманів. Наявність плавневої зони і заплав забезпечує природне відтворення туводної іхтіофауни, а належна кормова база, сприятливий температурний і кисневий режими – інтенсивний нагул гідробіонтів.

Водойми напівзакритого типу найбільш вразливі серед лиманів Причорномор'я. Гідрологічно-гідрохімічний режим таких лиманів практично повністю залежить від притоку морської води. Ізоляція напівзакритих лиманів від моря супроводжується їх осолоненням і евтрофікацією, призводить до докорінної зміни якісних і кількісних характеристик всіх складових кормової бази, збіднення видового складу іхтіофауни і зменшення рибопродуктивності.

Закриті лимани, як і напіввідкриті водойми в періоди ізоляції від моря на шляху свого історичного розвитку послідовно переживають низку періодів зміни солоності і складу біоти. Якщо позитивна прісноводна складова переважає у водному балансі, такі водойми опріснюються, якщо вона менше негативної частини – осолонюються і висихають. Одна з найбільш продуктивних водойм північно-західного Причорномор'я – Хаджибейський лиман. Опрісненість вод, природні популяції піленгаса, карася і судака, здатні до самовідтворення, і щорічне штучне зариблення коропом і рослиноїдними рибами сформували в лимані збалансований іхтіоценоз, здатний ефективно вико-

ристовувати природні кормові ресурси. Такі чинники, разом із застосуванням активних знарядь лову, за-

безпечили високу рибопродуктивність лиману, на сьогодні найбільшу з усіх Приморських лиманів.

### Література

1. Журавлева Л.А., Александрова Н.Г. Гидрохимический режим // Лиманы Северного Причерноморья. – К.: Наукова думка, 1990. – С. 29-69.
2. Лиманно-устевые комплексы Причерноморья. Географические основы хозяйственного освоения/Под ред. Г.И. Швобса.- Л. Наука, 1988.- 330 с.
3. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов одесских лиманов. К.: Наукова думка. 1974.– 221 с.
4. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. К.: Наукова думка. 2006.– 701 с.
5. Старушенко Л. И. Причерноморские лиманы одесщины и их рыбохозяйственное использование/ С.Г. Бушуев. – Одесса: Астропринт, 2001.–151 с.
6. Шекк П.В., Барановская М.И. Перспективы повышения рибопродуктивности лиманов Дунайско–Днестровского междуречья // Вторая международная научно – техническая конференция, посвященная 75-летию ОГЭКУ.– 2009.– 124-127 с
7. Шекк П.В. Формування іхтіофауни Хаджибейського лиману/ Шекк П.В, Крюкова М.І.// Таврійський науковий вісник. - Херсон, 2012. – В. 78.–С. 315-319
8. Шекк П. В. Биологически-технологические основы культивирования кефалевых и камбаловых рыб / П. В. Шекк. – Херсон: ЧП Гринь, 2012.- 305 с.

# ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 628:504.054

## ЭКОЛОГО-СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССУ НАКОПЛЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ

Пляцук Л.Д., Черныш Е.Ю.

Сумской государственный университет  
ул. Римского-Корсакова, 2, 40007, г. Сумы  
e-mail: info@ecolog.sumdu.edu.ua  
e-mail: liza\_chernish@mail.ru

Предложен синергетический подход к решению проблемы накопления иловых осадков. Сделан анализ и экспериментально изучены качественные преобразования в системе анаэробной микробиологической деструкции стоков и их осадков на основе автокатализа и эффекта синергизма. Исследована синергия биохимических трансформаций иловых осадков и их влияние на производство экологически безопасного продукта обработки. *Ключевые слова:* синергетика, анаэробная микробиологическая деструкция, иловые осадки

**Еколого-синергетичний підхід до процесу накопичення та утилізації мулових осадків.** Пляцук Л. Д., Черныш Е. Ю. Запропоновано синергетичний підхід до розв'язання проблеми накопичення мулових осадків. Здійснено аналіз і експериментально вивчено якісні перетворення у системі анаеробної микробиологічної деструкції стоків та їх осадків основі автокаталізу та ефект синергізму. Досліджено синергію біохімічних трансформацій мулових осадків та їх вплив на виробництво екологічно безпечного продукту обробки. *Ключові слова:* синергетика, анаеробна микробиологічна деструкція, мулові осади

**Ecologo-synergetic approach to the process of accumulation and utilization of sewage sludge.** Plyatsuk Leonid, Chernish Elizabeth. The article focused on the synergetic approach to the problem of sewage sludge accumulation. The analysis and experimental study of synergistic changes in the anaerobic microbial degradation of wastewater and sludge were carried out. They were based on autocatalytic processes and synergies. There was also studied the synergy of the sludge qualitative biochemical transformations and its impact on the sludge mineral structure and ecological safety of the obtained product. *Keywords:* synergetics, anaerobic microbial degradation, sewage sludge.

Синергетика – это синтетическая наука, которая основана на единой концепции самоорганизации динамических систем различной природы. Ее идеи не являются простой совокупностью физических теорий и математических методов, что является новым концептуальным взглядом на науку. Однако в синергетике еще не сформирована целостная теория

самоорганизации, которую можно одинаково справедливо применить ко всем системам физического мира, как к природным так и техническим. Поэтому в зависимости от конкретных свойств той или иной отрасли науки синергетический подход трансформирует свои отличительные особенности и содержание. Не исключением стало и применение этого подхода к экологическим процессам, как интегральной совокупности химических, биологических, геологических, гидрологических, техногенных и других процессов, которые протекают в экосистемах разного уровня организации и являются по существу открытыми системами. Одной из прикладных экологических задач, которая требует решения, является проблема накопления и утилизации разного вида отходов, в том числе стоки и их иловые осадки. В этом направлении, на наш взгляд, использование синергетического подхода является очень важным. На основе оценки синергизма и автокатализа природных систем можно проанализировать действие на их процессов образования, складирования иловых осадков на иловых картах и дальнейшую их трансформацию, разрабатывать такие технологические процессы, которые учитывали бы эти трансформации с учетом возможности перестройки взаимодействия с окружающей природной средой на экологически безопасный уровень.

### Анализ публикаций и постановка проблемы

В настоящее время основная масса иловых осадков (ИО) городских сточных вод складывается на пере-

полненных иловых картах очистных сооружениях городских станций аэрации. Условия складирования и хранения осадков, как правило, не исключают загрязнения ими поверхностных и подземных вод, почв, растительности. Нарушение норм безопасности на станциях аэрации может привести к чрезвычайным экологическим последствиям для многих городов и нарушению естественных гидрологических экосистем. Известно, что ИО являются источником наиболее опасных форм тяжелых металлов (ТМ) в почвах - металлоорганических соединений. Поэтому подготовка ИО к попаданию их в почву также влияет на накопление в ней металлов. Металлоорганические соединения ТМ легче включаются в пищевые цепи, чем их неорганические соединения, и поэтому являются наиболее опасными формами ТМ. Образование растворимых органических комплексов соединений ТМ ведет к снижению их адсорбции в почвах [1]. Даже при концентрациях металлов в ИО ниже установленных ПДК необходимо учитывать процесс биоаккумуляции микроэлементов. Кроме того, не решена задача удаления биогенных элементов из сточных вод и их осадков, в частности, соединений фосфора, которые вызывают процессы эвтрофикации водоемов, интенсивное размножение водорослей, цианобактерий и в процессе биологического развития уменьшают содержание кислорода в воде, образуют аноксигенные зоны и токсичные метаболиты, что вызывает массовую гибель представителей гидрофауны. Накопление фосфора в биомассе активного ила является одной из причин его вспухания, и, соответствен-

но, нарушения работы очистных сооружений. Одновременно влияние ТМ на компоненты биогеоценозов существенно обусловлено и их влиянием на энергетические потоки в системе, на изменение свободной энергии ( $\Delta G$ ), энтальпии ( $\Delta H$ ) и энтропии ( $\Delta S$ ) в протекающих реакциях метаболизма, ионного обмена, комплексообразования [2]. Так, свинец образует достаточно стабильные хелаты с органическими лигандами, содержащими донорные атомы S, N, O, стабильные комплексы с гуминовыми и фульвокислотами. Это определяет более вероятные конкурирующие комплексообразования в почвах и растениях, а следовательно, изменение  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  в протекающих реакциях в связи с взаимозаменяемостью биологической активности у большинства металлов.

Распределение ТМ по почвенному профилю является функцией двух процессов - вымывания (инфильтрации, просачивания с водами через профили почв) и биоаккумуляции (связывания ионов ТМ в почвенно-поглощающем комплексе при взаимодействии растений с микробиотой). Поэтому в процессе накопления ИО на иловых картах происходит накопление ТМ в верхних почвенных горизонтах [3-5]. Концентрируясь в осадках и в активном иле, они делают их экологически небезопасными, что ограничивает возможность использования их в сельском хозяйстве. Такая ситуация имеет место в большинстве городов Украины, включая Киев, Харьков, Днепропетровск, Донецк, Макеевку и другие, где иловые площадки превратились в илонакопители.

В то же время ИО содержат значительное количество элементов ми-

нерального питания растений и по своему составу близки к навозу. В пересчете на сухое вещество они содержат почти одинаковое количество органического углерода и общего азота, значительно больше фосфора и в 10 раз меньше калия. ИО, как и навоз, содержат биофильные микроэлементы, необходимые для роста и развития растений. По эффективности многие виды ИО не уступают традиционным органическим удобрениям [6].

На сегодня разрабатываются новые эффективные методы детоксикации иловых осадков городских сточных вод с последующей их утилизацией [7-11]. Это направление чрезвычайно важно не только для Украины, но и для других стран СНГ и всего мира. Многие исследователи ищут способы относительно недорогого извлечения ТМ из ИО или же их иммобилизации в неактивные формы с возможностью дальнейшего использования органических осадков в качестве удобрений. Каждый из известных способов обезвреживания ИО вызывает дискуссии и требует детального регламентирования.

Таким образом, утилизация осадков сточных вод на сегодня – актуальная проблема на всей территории Украины, решение которой является первоочередной задачей. При отсутствии механического обезвоживания ИО ежегодная потребность в иловых площадках для размещения создаваемого осадка составляет для всей Украины 120 га в год. Это создает условия для вертикальной и горизонтальной миграции металлов.

В целом при использовании ИО в качестве почвоулучшающей добавки целесообразно проводить их обезза-

раживание и обезвреживание для снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

### Цель и задачи исследования

Цель исследования – обоснование возможности применения синергетического подхода к управлению отходами и разработке экологически безопасных биотехнологических систем. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- теоретическое обоснование синергетического подхода к проблеме накопления иловых осадков;
- экспериментальное изучение и анализ синергетических преобразований в системе анаэробной микробиологической деструкции стоков и их осадков.

### Материалы и методы исследований

Методы исследования базируются на системном анализе и биохимическом моделировании изучаемых процессов и концепции самоорганизации систем, лежащей в основе синергетического подхода.

Анализ структуры образцов ИО и внеклеточных образований жизнедеятельности микроорганизмов проводили рентгендифракционным методом с использованием автоматизированного дифрактометра ДРОН-4-07 (НПП „Буревестник”, Санкт-Петербург, Россия). Система автоматизации ДРОН-4-07 включает микропроцессорный контроль для обеспечения управления гониометром ГУР-9 и передачи данных в цифровом виде на ПК. Исследования проводили с помощью микроскопа-микрoанализатора растрового элек-

тронного РЭММА-102 (ОАО «СЕЛМИ», Сумы, Украина) ТУ047.99336.025-97, оснащенного многоканальным рентгеновским спектрометром с волновой дисперсией и дисперсией по энергиям, а также рентгено-флуоресцентном спектрометре ElvaX Light SDD (ООО "ЭЛВАТЕХ", Киев, Украина) для выявления примесей тяжелых металлов в легкой матрице не хуже 1 ppm.

При культивировании микроорганизмов использовали физический метод создания анаэробных условий и применяли механический метод посева. Окраску микробных препаратов осуществляли по методу Грамма и Циль-Нильсена. Микрофотографии микробных препаратов обрабатывали с помощью цифровой системы вывода изображения «SEO Scan ICX 285 AK-F IEE-1394» и морфометрической программы «SEO Image Lab 2.0» (Сумы, Украина).

Контроль pH проводили с интервалом в сутки с помощью рХ-метр рХ-150 (ионметр, Беларусь) с электродом стеклянным комбинированным «ЭКС-10603».

### Теоретическое обоснование синергетического подхода к проблеме накопления иловых осадков

Применение ИО как органоминерального удобрения в сельском хозяйстве возможно только при условиях их предварительной обработки для предупреждения процесса биоаккумуляции ТМ в агроценозах. Следовательно, можно утверждать, что процессы биохимической трансформации ИО в окружающей среде ведут к изменениям подсистем экосистемы,

которые могут иметь как точечный характер, так и системный. Эти закономерности были заложены в основу синергетического подхода к изучению проблемы, что представлено в виде блок-схемы (рис.1).

Характер воздействия ИО на различные экосистемные уровни зави-

сит от качественных и количественных характеристик ИО (их состава и свойств), а также от других параметров, характеризующих состояние природных объектов (экологических элементов), на которые влияют ИО.

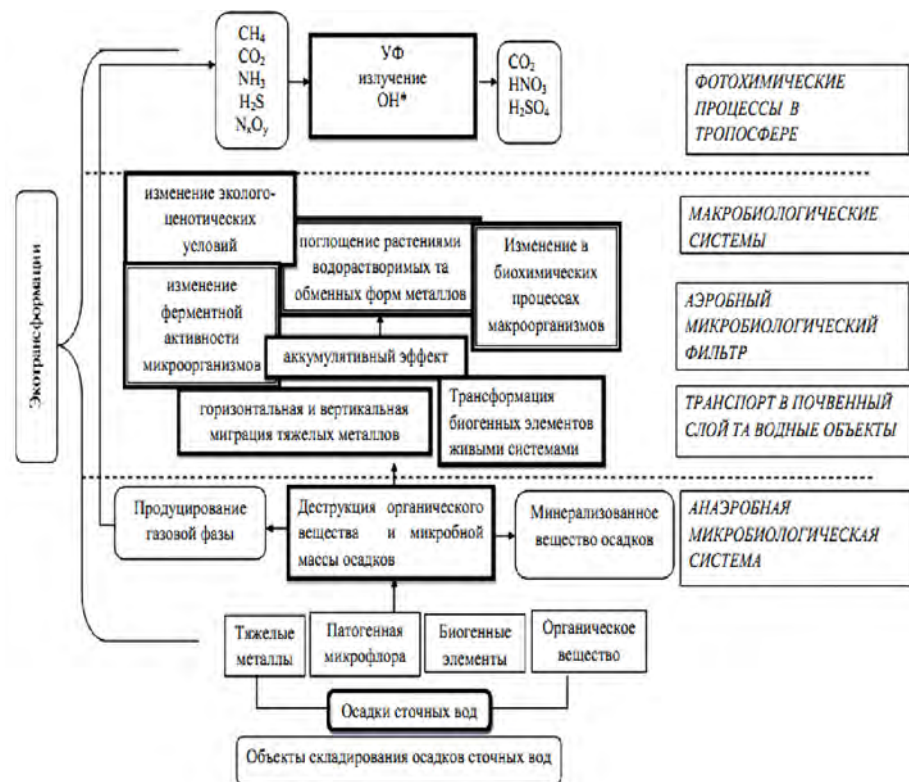


Рис.1. Биохимический цикл трансформации иловых осадков сточных вод в экосистеме

В нижних уплотненных слоях ИО на иловых картах происходит поглощение кислорода аэробной микрофлорой и начинается деятельность анаэробных микроорганизмов, которые активно участвуют в процессе образования органического вещества из CO<sub>2</sub> за счет энергии, получаемой при окислении неорганических со-

единений, в частности, водорода (хемосинтез). Восстановленный в результате этого метан выделяется в газовой форме. Образованные биогенным путем газы диффундируют в верхние слои ИО, т.е. в область, где присутствует O<sub>2</sub>, и становятся доступными для окисления аэробами. В верхнем слое ИО происходит актив-

ный газообмен с атмосферным воздухом в результате суточных и сезонных колебаний температуры, изменения атмосферного давления, диффузии газов, потребления и выделения газов микроорганизмами и корневой системой растений. При этом водорастворимые формы ТМ испаряются и поступают в воздушную среду с транспирацией из растений. Их концентрация в продуктах испарения и транспирации составляет порядка 10<sup>-8</sup> – 10<sup>-9</sup> моль/л, увеличиваясь с ростом загрязнения почв ТМ [2].

При дальнейшей трансформации биогенных газов совместно с другими газообразными веществами наблюдается эффект суммации, что вносит определенный вклад в баланс углерода, азота, кислорода и серы в тропосфере.

Как продуценты, потребители и транспортирующие агенты в ИО микроорганизмы оказываются включенными в потоки энергии и круговорот химических элементов. Патогенная микробная составляющая ИО предварительно обеззараженных путем аэробных и/или анаэробных процессов или выдержки на иловых картах не оказывает существенного влияния на ухудшение функционирования почвенной биоты [12-14]. Отметим, что хранение осадка менее года недостаточно для его обеззараживания, поскольку сальмонелла, например, сохраняется в осадке, а яйца гельминтов не теряют способность к заражению более двух лет.

Даже незначительные изменения энергоэлементного состояния окружающей среды (за счет энергетической составляющей) способны изменить внутреннее энергоэлементное

состояние системы путем водовода и элементов 2, 3 периода IV-VII групп, т.е. таких как С, О, Р, Si и т.д., что частично изучено [15]. В аспекте влияния процесса накопления ОСВ на энергоэлементное состояние гидросферы, литосферы и атмосферы выше изложенное утверждение, на наш взгляд, является также корректным.

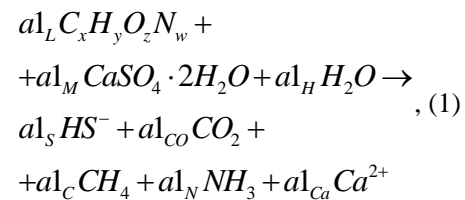
Отметим, что с изменением равновесного состояния рассматриваемой подсистемы изменяется и состояние всей экологической системы, которая с точки зрения физико-биологических процессов, протекающих в ней, является энергоэлементной системой.

Как ранее отмечалось, биологические системы по своей природе являются синергетическими. Поэтому возможность воздействия на такие системы необходимо рассматривать с учетом законов синергетики, а использование биотехнологических процессов в системе управления экологической безопасностью должно основываться на анализе возможных путей развития синергетических систем для эффективного снижения уровня техногенной нагрузки на окружающую среду.

### Синергетические преобразования в системах анаэробной микробиологической деструкции стоков и их осадков (результаты и их обсуждение)

Синергетическая характеристика иловых осадков в процессе АМД. С целью подготовки к культивированию в условиях отсутствия аэрации иловые осадки сбрасывали в емкости без доступа воздуха в тече-

нии 14 суток при температуре 36°C. В конце этого периода хлопья ила приобрели черную окраску и характерный запах разложившихся органических остатков. При микроскопических исследованиях сброженного ила активных простейших не обнаружено, в иле присутствуют единичные цисты. В дальнейшем ил поместили в два реактора: контрольный (без минерального субстрата, источника акцепторов электронов для сульфатредукторов) и опытный с добавкой фосфогипса (не менее 10 г/л, исходя из первичной активности сульфатредукторов). Исходная концентрация биомассы в реакторах (доза ила) составляла 6,5 г/л. Мониторинг состояния анаэробного ила показал, что в биохимической системе наблюдалось включение полупрозрачных мелких частиц кристаллической структуры в хлопья анаэробного ила (рис. 2), образовавшихся при введении в органическое вещество ила фосфогипса с последующей его трансформацией:



где  $a1_L, a1_M, a1_H, a1_S, a1_{CO}, a1_C, a1_N, a1_{Ca}$  - стехиометрические коэффициенты.

При этом образовались новые минеральные структуры (табл. 1).

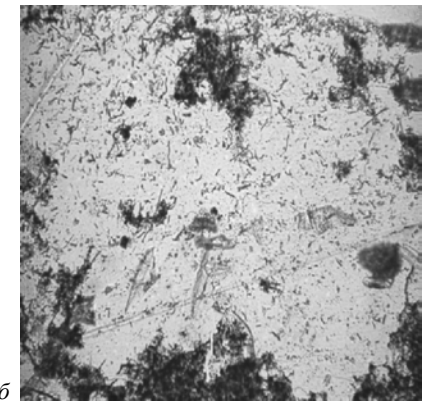
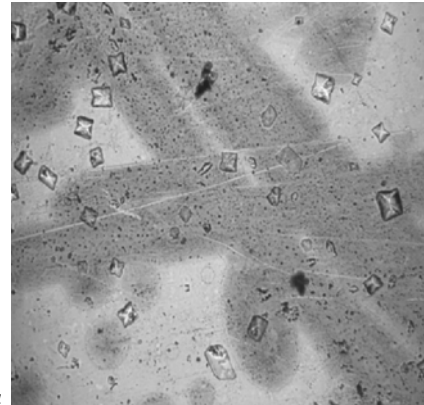


Рис. 2. Формирование кристаллических структур в бактериальном матриксе в условиях сульфидогенеза. Световая микроскопия. Окраска по методу Грамма: а – Ув. x40; б – Ув. x100.

В ассоциации микроорганизмов доминируют ацетатотрофы (рис.3), что связано с неполным окислением органического вещества до ацетатов. Следовательно, первостепенное значение для стабильной работы системы имеет удаление летучих жирных кислот (ЛЖК), в первую очередь, ацетатов. В ином случае происходит закисание среды и снижение pH до 5,0.

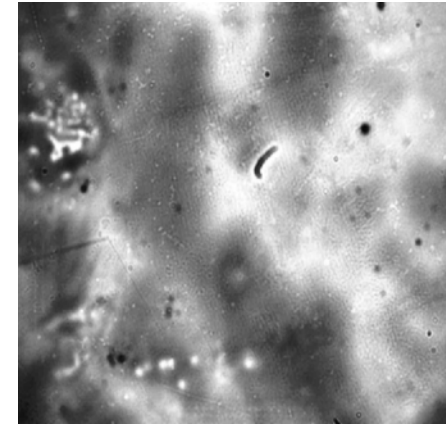


Рис. 3. Кислотоустойчивая спорообразующая бактерия сульфидогенной ассоциации микроорганизмов. Световая микроскопия. Окраска по методу Циль-Нильсона. Ув. x100

На рис. 4 видно формирующиеся и распадающиеся агрегаты микроорганизмов анаэробного ИО. Существенно больше мелких минеральных частиц находится в хлопьях ила из пилотного реактора, по сравнению с контрольным образцом, что отразилось и на седиментационных свойствах ила, т.е. на биофлукуляции. Следует отметить, что на этапе дезинтеграции иловый индекс экспериментального активного ила составлял 70...90 мл/г, в то время как на контрольной линии он достигал 250 мл/г.

На рис. 5 схематически представлен процесс гидролиза полимерных соединений хлопьев ИО. Этот процесс имеет первостепенное значение для дальнейшего развития сульфатредукторов. Кроме того, в данной схеме отображен процесс извлечения ТМ из органических комплексов и осаждения ионов металлов в сульфидной форме.

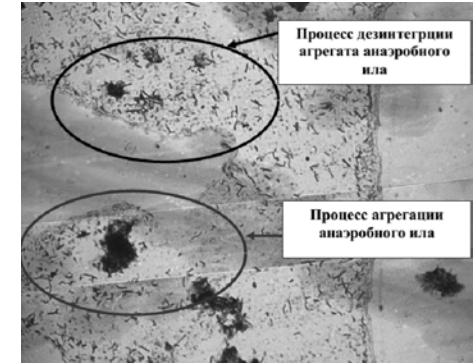


Рис. 4. Формирование агрегатов бактерий в условиях сульфидогенеза. Световая микроскопия. Окраска по методу Грамма. Ув. x100

Одним из важных процессов является агрегация частиц с расширением поверхности контакта между органической оставляющей субстрата, отмершей микробной биомассы и гидролизующими микроорганизмами. С другой стороны, их максимальный диаметр был ограничен дезинтеграцией больших агрегатов. В результате этого относительное положение индивидуальных бактерий в агрегатах непрерывно изменяется.

Характеристики компонентов микробной системы иловых осадков меняются в зависимости от двух процессов: адаптации вида микроорганизма или адаптивной динамики со сменой видов в функциональной группировке. Важно, что сообщество микроорганизмов функционирует как единое целое с кооперативными трофическими связями, определяющими план химических взаимодействий. Происходит саморегуляция микробиологической системы и влиять на эту саморегуляцию искусственно необходимо обдуманно, к тому же такой контроль нельзя считать регуляторным по отношению к определен-

ным видам бактерий в системе. Рассуждая таким образом, необходимо рассматривать не локальную герметичную систему типа лабораторного культиватора, а промышленные масштабы, например, переработка осадков и активного ила на очистных сооружениях больших городов. Обеспечение увеличения выхода биогаза

проводят путем улучшения условий метаногенеза – понижая значение pH и т.д., но это посредственно будет влиять на видовой состав самих метаногенов (гидрогенотрофных и ацидотолерантных) и смежных с ними по трофическим связям групп микроорганизмов (гомоацетогенов, сульфатредукторов, денитрификаторов).

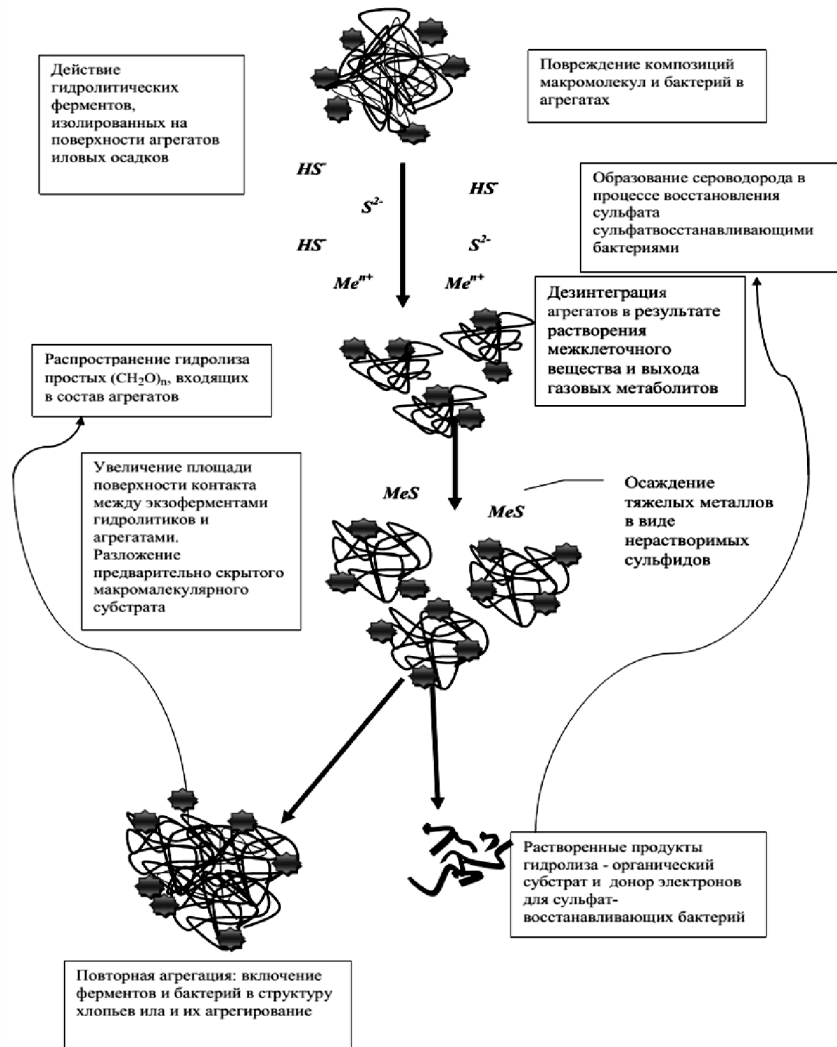


Рис.5. Обобщенная схема факторов, вовлеченных в процесс на стадии гидролиза иловых осадков в условиях сульфидогенеза

Микробное сообщество схематически можно представить как динамическую систему (рис. 6) с входными и выходными параметрами. Изменение этой системы зависит от действия на нее внешних факторов (температура, поступление питательных веществ и т.п.) и ответных реакций системы – качественные (видовое) и количественные (биомасса) изменения, выделение определенных

продуктов биосинтеза и т.п. Кроме того, такая биологическая система будет иметь ряд подсистем на уровне групп микроорганизмов или отдельных их видов со своей динамикой развития, которая входит в общий процесс функционирования системы. Соответственно эти подсистемы определяют внутренние параметры системы.



Рис. 6. Структурная схема микробиологической системы

В данном случае внутренние параметры системы  $a=(a_1, a_2, \dots, a_i)$  - кинетические характеристики подсистем. Между подсистемами есть связи, так как выходные параметры одной подсистемы входят в состав входных параметров другой подсистемы. Изменение состояния подсистемы- $m$  в данный момент времени  $t_2$  зависит от изменения состояния подсистемы- $n$  в определенный момент времени  $t_1$ . Микробиоценоз структурно изменяется в пространстве и времени – это процесс сукцессии. Эта динамика заложена в «подрядную» структуру трофических взаимоотношений между популяциями

разных микроорганизмов (подсистем), которую можно представить системой биохимических реакций и соответствующей «сопряженной» кинетикой. А параметры неопределенности  $\xi=(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k)$ , т.е. часть входных переменных  $x=(x_1, x_2, \dots, x_m)$  и внутренних параметров системы играют важную роль в точке бифуркации при переходе сообщества на другой уровень организации, например, изменения доминирующих видов микроорганизмов при внесении новых акцепторов электронов в систему. В свою очередь, изменяется вектор выходных параметров  $y=(y_1, y_2, \dots, y_n)$ .



**Синергетика качественных биохимических трансформаций иловых осадках в процессе АМД.** В процессе АМД в условиях жизнедеятельности сульфатредукторов органические вещества (углеводы, органические кислоты) подвергаются дегидрогенизации, водород переносится на сульфаты, сульфиты или тиосульфаты, которые восстанавливаются в сероводород. Сероводород активно взаимодействует как с твердой фазой осадков, так и с имеющимися в жидкой фазе катионами. В процессе анаэробной микробиологической деструкции происходит минерализация органической составляющей иловых осадков и трансформация хеллато-комплексов с ТМ в растворимые органические соединения. Происходит

увеличение подвижности ТМ и они переходят в жидкую фракцию ИО с последующим осаждением в виде нерастворимых сульфидов, что может существенно влиять на свойства иловых осадков. Кроме того, ТМ, образуя соли с соединениями органической составляющей ИО, обмениваются на ионы кальция по механизму ионного обмена на поверхности фосфогипса. Таким образом, в процессе АМД органические хеллато-комплексы с ТМ разрушаются и образуются комплексные изоморфные соединения сульфидов металлов: сульфиды железа (марказиты), цинка (сфалерит), никеля и т.д. Сравнительные элементный и фазовый анализы образцов иловых осадков приведены в таблице 1.

Таблица 1

Состав образца твердой фазы иловых осадков после АМД

Элементный состав		Фазовый состав Рентгеновская дифракция
Рентгенофлуоресцентный анализ	Микроанализ	
1	2	3
Si P S Ca	Si	JCPDS 74-1433 (гипс)
Cr Mn Fe	S	JCPDS 77-1060 (кварц)
Ni Cu Zn Pb	Ca	JCPDS 37-475, 74-1051 (сульфиды железа)
		JCPDS 11-293 (брушит)
		JCPDS 87-952 (оксид фосфора (V))
		JCPDS 86-2342 (кальцит)
		JCPDS 40-660 (маскагнит)
		JCPDS 79-43 (сульфид цинка)
		JCPDS 26-1116, 65-3928 (сульфиды меди)
		JCPDS 15-783 (сульфид свинца)
		JCPDS 65-395 (сульфид никеля)
		JCPDS 10-345 (сульфид хрома)

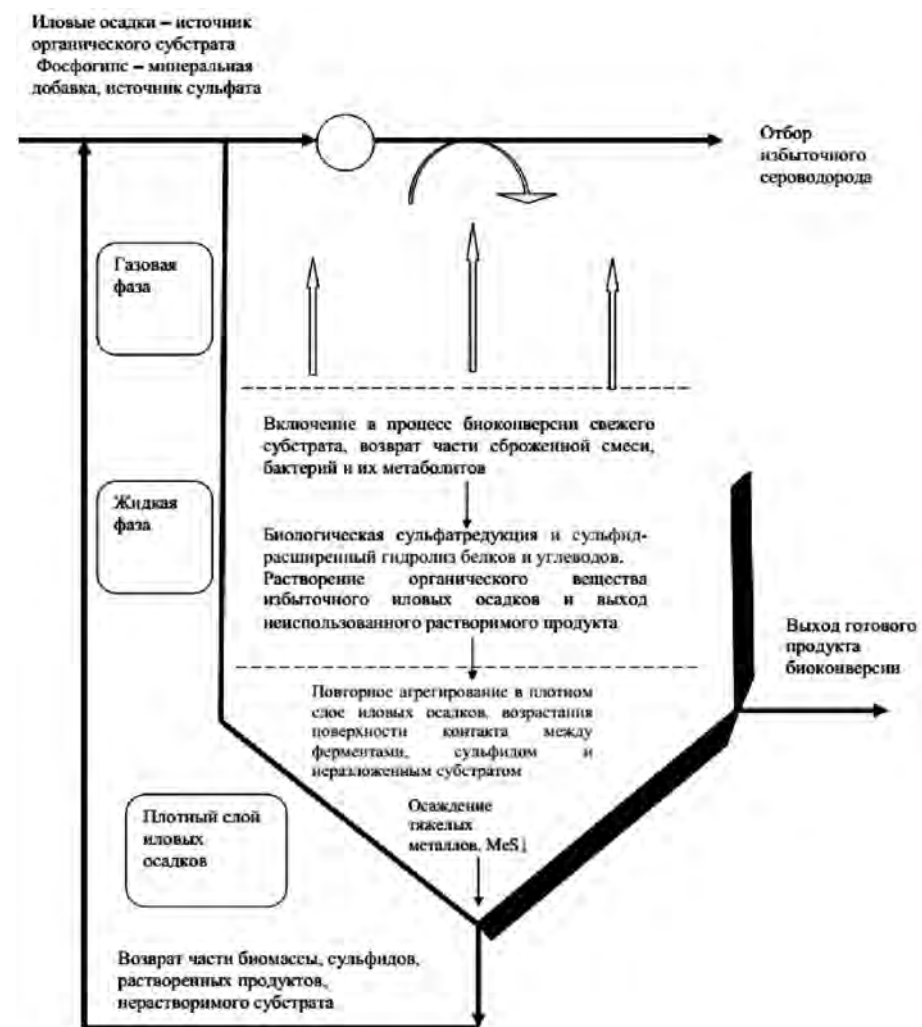


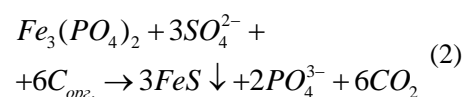
Рис. 7. Блок-схема пространственного распределения в биореакторе при биохимической детоксикации ИО в условиях биосульфидогенеза

Осаждение ТМ в форме сульфидов является важным для стабильного функционирования самого сульфидогенного сообщества в биореакторе. Этот фактор нужно учитывать при разработке биотехнологических систем. На рис. 7 схематически представлены основные вещественные потоки, связанные с процессом де-

токсикации ИО совместно с гипсовыми отходами.

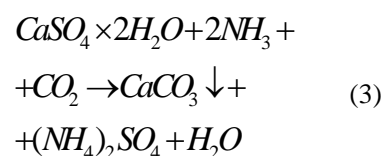
Они характеризуют динамику развития сульфидогенного сообщества в пространстве биореактора с учётом процесса возврата части сброженного субстрата в технологическую систему и протекания флокуляционных процессов в биомассе ИО.

Вследствие АМД фосфаты железа разрушаются и происходит образование сульфида железа. Освободившиеся фосфат-ионы химически связываются с кальцием, а также образуются оксиды фосфора. Жидкая фаза иловых осадков обогащается легко усвояемой растениями формой фосфора. Можно выделить следующие механизмы извлечения фосфатов из стоков и иловых осадков: в анаэробной среде и, особенно, при отсутствии конкурирующих денитрификаторов, фосфораккумулирующие бактерии иловых осадков способны к изъятию органики (затрачиваемая при этом энергия вырабатывается в результате распада внутриклеточных полифосфатов и выделения во внешнюю среду ортофосфатов) замещение металлокомплексов в микробных клетках на  $Ca^{2+}$  фосфогипс по механизму ионного обмена стимулирует активность экзополифосфатазы, вследствие чего высвобождающийся ортофосфат образует с катионами  $Ca^{2+}$  комплексы, которые «выбрасываются» из клетки в окружающую среду посредством транспортных систем; в процессе метаболизма сульфатредукторов происходит выделение сероводорода, который влияет на активность ферментных систем клеток активного ила, вследствие чего происходит выделение металлфосфатных комплексов и осаждение ионов ТМ с сероводородом в форме сульфидов:



При этом фосфат-ионы выделяются в жидкую фазу. Было установ-

лено, что формирующийся в процессе карбонатного дыхания микроорганизмами углекислый газ связывался с кальцием в карбонат кальция (кальцит) (табл. 1). При этом аммиак, который выделится при разложении соединений белковой природы, взаимодействует с ионами сульфата с образованием сульфата аммония (массагнит) (табл.1). В общем виде эти процессы можно представить в виде следующей химической реакции:



Следует отметить, что для неорганических соединений четко соблюдается термодинамическая последовательность окислительно-восстановительных потенциалов как предпочитаемых акцепторов. Поэтому последовательность использования акцепторов электронов включает: восстановление нитратов или денитрификацию → восстановление соединений серы в сероводород или сульфидогенез, что сопряжено с процессом выделения фосфора из клеток фосфатаккумулирующих микроорганизмов ила → восстановление углекислоты в метан или метаногенез. Для лучшего прохождения процесса сульфидогенеза необходимо предварительно проводить денитрификацию стоков и их осадков в отдельном блоке биоочистки.

Анализ всех проходящих во время АМД процессов с точки зрения их простой суммации является ошибочным. Они определяют новый уровень самоорганизации системы с приобре-

тением новых качественных характеристик, которые обуславливают экологическую безопасность продукта обработки иловых осадков, его обезвреживание и улучшение качественных характеристик с точки зрения применения в аграрном комплексе. В этом и заключается синергизм как эффект «2+2=5», что означает стремление достичь

таких результатов, которые не являются «нулевой суммой слагаемых». И каждая биохимическая реакция протекает во взаимодействии с различными факторами и другими реакциями (химическими, физическими, биологическими) в системе, обуславливая и предопределяя друг друга, формирует наиболее оптимальный вариант развития системы.

### Выводы

В результате процесса накопления ИО на иловых картах и при их непосредственном внесении в почву без предварительной обработки необходимо рассматривать комплексное воздействие компонентов ИО на подсистемы экологической системы. Основными токсикантами, которые входят в состав ИО являются ТМ. В результате миграции и аккумуляции ТМ в системе «ИО - почва - водные объекты - биота» на длительном промежутке времени может происходить нарушение энергоэлементных потоков. Для разработки биотехнологии обезвреживания ИО использованы происходящие в природе процессы микробиологического восстанов-

ления сульфатов с образованием сероводорода. В процессе биосульфидной обработки органические хелатоконплексы с ТМ разрушаются и образуются устойчивые соединения сульфидов металлов. Так происходит связывание ТМ в недоступную для растений форму, поскольку перенос по корневой системе характерен для водорастворимой и обменной форм металлов. В процессе АМД в условиях сульфидогенеза при соосаждении сероводорода и ионов ТМ происходит биологическое восстановление фосфатов. Значительная часть освобожденных фосфат-ионов переходит в жидкую фазу иловых осадков с удалением из биотехнологической системы. Актуальным является дальнейшее развитие синергетической теории управления сложными природно-техногенными системами. При этом свойства экосистемы, ее синергетические характеристики проявляются при взаимодействии с факторами внешней среды, которая рассматривается как интегральная совокупность сопредельных сред. Антропогенный фактор (техносреда) рассматривается как одна из сопредельных сред с флуктуационными процессами, которые в ней протекают. Следует отметить, что невозможно провести границу между сопредельными средами и экосистемой. Следовательно, следующим этапом становления синергетики экологических процессов является формирование синергии проектирования экобезопасных технологических процессов.

### Литература

1. Малахова С. Д. Агроекологическое обоснование почвенного пути утилизации осадков городских сточных вод: на примере г. Калуги: дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / С. Д. Малахова. – Калуга, 2007. – 279 с.

2. Савич В.И. Влияние тяжелых металлов на процессы деградации почв / В.И. Савич, В.А. Раскатов, В.А. Седых, А.К. Саидов // *Агро XXI*. – 2011. – № 10–12. – с. 46–48.
3. Манская С. М. Геохимия органического вещества / С. М. Манская, Г. В. Дроздова. – М.: Наука, 1964. – 314 с.
4. Антонова Г. Г. Содержание подвижных форм микроэлементов в освоенных торфяных почвах урочища «чисть» Псковской области / Г.Г. Антонова, Н. П. Вардя, Р. И. Дрель, Р. И. Курбатова [и др.]. - В кн: Микроэлементы в почве. Ленинград: Пушкин, 1974. – С. 23–29.
5. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 325 с.
6. Воробьева Р. П. Использование осадков сточных вод / Р. П. Воробьева, А. С. Давыдов, Л. Ф. Новикова, Е. А. Пивень [и др.] // *Агрохимический вестник*. 2000. - № 6. - С. 36–37.
7. Исследование глубокой минерализации осадка сточных вод Донецких очистных сооружений / В. Н. Чернышев, В. И. Нейздойминов, В. Ф. Кижаяев [и др.] // *Вестник ДонНУСА*. – Макеевка : ДонНУСА, 2010. – Вып. 6 (86). – С. 163–170.
8. Благодарная Г. И. Развитие технологии анаэробной обработки осадков как источник альтернативной энергии на муниципальных очистных сооружениях / Г. И. Благодарная, А. А. Шевченко // *Коммунальное хозяйство городов : научно-технический сборник*. – Харьков : ХНАГХ, 2009. – № 88. – С. 117–122.
9. Kim Jongmin. Combined anaerobic/aerobic digestion: effect of aerobic retention time on nitrogen and solids removal / Jongmin Kim, John T. Novak // *Infilco Degremont Inc., Richmond, VA 23059, USA. Water environment research: a research publication of the Water Environment Federation Water Environ Res.* – 2012. – № 84 (9). – P. 753–760.
10. Полетаева Т. Н. Утилизация осадков сточных вод малых очистных сооружений / Т. Н. Полетаева // *Коммунальное хозяйство городов : научно-технический сборник*. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – № 72. – С. 151–154.
11. Vermicomposting of wastewater sludge from paper-pulp industry with nitrogen rich materials / C. Elvira, L. Sampedro, J. Dominguez [et al.] // *Soil Biol. Biochem.* – United Kingdom : Elsevier Limited, 1997. – Vol. 29, № 314. – P. 759–762.
12. Лукиных Н. А. Проблема обработки осадков городских сточных вод / Н. А. Лукиных, И. С. Туровский // *Городская канализация (обработка осадков городских сточных вод)*. – М. : ОНТИ АКХ, 1970. – С. 3–13.
13. Ушаков Д. И. Научное обоснование гигиенических принципов и критериев безопасного использования осадков сточных вод : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.07 «Гигиена» / Д. И. Ушаков. – Москва, 2009. – 24 с.
14. Гончарук В. И. Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами / В. И. Гончарук. - К: «Здоров'я», 1977. - С. 83–94.
15. Бобух Л. В. Развитие теоретических основ процессов изменения энергоэлементного состояния физических и биологических систем / Л. В. Бобух, К. А. Бобух, Т. А. Бобух // *Инженерная экология*. – М. : ГУП ППП Типография «Наука» АИЦ РАН, 2004. – № 3. – С. 56–60.

УДК 504.05:502.572

## ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ Й НЕОБХІІСТЬ ЙОГО ПОПОВНЕННЯ МОРСЬКОЮ ВОДОЮ

Лозовіцький П.С.<sup>1</sup>, Томахін М.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2

<sup>2</sup>Міністерство екології та природних ресурсів України,  
м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35

Наведено історичне та сучасне значення основних параметрів екологічного стану Куяльницького лиману (коливання рівня води відносно моря з 1860 р., зміна хімічного складу пелітів і ропи, порівняння антропогенного забруднення ропи лиману, води Одеської затоки Чорного моря й річки Великий Куяльник за трофо-сапробіологічними показниками). Показано незадовільний екологічний стан Куяльницького лиману на сьогодні, обґрунтовано необхідність підвищення рівня ропи в лимані за рахунок морської води.

**Экологическое состояние Куяльницкого лимана и необходимость его пополнения морской водой. Лозовицкий П.С., Томахин М.Л.** Изложены историческое и современное значения основных параметров экологического состояния Куяльницкого лимана (колебание уровня воды относительно моря с 1860 г., изменение химического состава пелитов и рассола, сравнение антропогенного загрязнения рассола лимана, воды Одесского залива Черного моря и реки Большой Куяльник по трофо-сапробиологическим показателям). Показано неудовлетворительное экологическое состояние Куяльницкого лимана на сегодня и обоснована необходимость повышения уровня рассола в лимане за счет морской воды.

**Ecological condition Kuyal'nitskogo estuary and the need to replenish the salt water. Lozovitsky P.S., Tomahyn M.L.** Outlines the historical and contemporary values of the basic parameters of environmental status Kuyal'nitskogo estuary (water level fluctuations with respect to the sea since 1860, changing the chemical composition of pelites and brine, brine comparison of anthropogenic pollution of the estuary, water Odessa Bay of the Black Sea and the river Big Kuyalnik trophy-saprobological indicators). Shown poor ecological condition Kuyal'nitskogo whether Mans today and the necessity of increasing the level of brine in the estuary due to sea water.

**Куяльницький** (від крим. *Kuyanlık* — *густий*) або **Андріївський** — лиман на північно-західному узбережжі Чорного моря, розташований на північ від Одеси: площа 52 км<sup>2</sup> проти 60 у 1970 р., довжина — 28 км, ширина — 3 км, середня глибина — близько 1 м (у минулому 3 м), максимальна — 2,8 м. Лиман відокремлений від моря піщаним пересипом до 3 км завширшки і довжи-

ною 2,5 км. Це лиман впадає річка Великий Куяльник найнижча точка України: 6 метрів нижче рівня моря.

У минулому на місці Куяльницького лиману було гирло річки Великий Куяльник, яке з часом перетворилося на затоку Чорного моря і поступово через відкладення річкового й морського піску тут сформувався пересип, а затока перетворилася на лиман. Відділення від моря відбулося

приблизно в XIV столітті, значно пізніше, ніж розташованого поблизу Хаджибейського лиману. Мабуть саме тому пересип у Куяльника втричі вужчий, ніж у Хаджибея [17].

Єдині, окрім бактерій, живі організми, які мешкають в лимані, це зяброногий рачок артемія і личинка комара мотиль. Під час шлюбного сезону від величезної кількості рачків вода стає червоною, хвилі викидають рачків на берег і вони товстим шаром вкривають місцеві пляжі.

У колишні часи в Куяльницькому лимані водилася риба. Французький інженер і військовий картограф XVII ст. Гійом Левассер де Боплан в «Описі України» відзначав: «Озеро Куяльник знаходиться не ближче, ніж на дві тисячі кроків від моря і кишить рибою. На рибний лов на ці два озера приїжджають караванами більш ніж за п'ятдесят лье; тут зустрічаються коропа й шука такої величини, що просто дивно».

Навколо Куяльника збереглися унікальні ділянки ковилового степу – леонтиця одеська (ендемик), горичвіт весняний, півник болотяний, тюльпан Шренка, мишачий гіацинт.

З представників фауни можна зустріти жовточеревого *Dolichophis caspius* і чотирьохполосого полозів *Elaphe quatuorlineata*, борсука, степового тхора, лисицю, кам'яну куницю [15].

Особливо різноманітний світ птахів. На островах у низинах і верхів'ях лиману утворюють свої багатотисячні поселення колоніальні птахи: крячки, чайки і кулики. В'ють гнізда рябодзьобі та річкові крячки, шилодзьобки, а також червонокнижні кулики-ходулочники морські зуйки, лугові дерихвости. На прольоті зустрі-

чаються журавель сірий, степовий, чорний лелека, великий і середній кроншнепи і один з найменш досліджених птахів України — лежень.

Життєво важливого значення для пернатих Куяльницький лиман набуває взимку. Внаслідок високої солоності вода не замерзає навіть у найлютіші морози, тому сюди на зимівлю злітаються зграї водоплавних птахів [15].

Солоні води лиману після його відділення від моря ущільнювалися в ропу — насичений соляний розчин. Своєрідність одеської групи лиманів полягає в тому, що на їх дні залягають шари мулових грязей, що містять безліч різних мінеральних частинок і органічних речовин. Складні хімічні й біологічні процеси додали муловим грязям безцінні лікувальні властивості [2,4,5].

Куяльник — один із старих грязьових курортів України, заснований у 1834 році в низов'ях лиману зусиллями Ераста Андрієвського. Куяльницькі грязі сульфідного мулу за своїми лікувальними властивостями визнані еталонними. Кращих від них немає, а ропу лиману за всіма показниками переважає ропу уславленого Мертвого моря. Ропу (насичена солями вода лиманів, порожнин і пордонних відкладів) родовища використовується у лікувальній практиці протягом 180 років [17].

За інформацією газети «Вісник Чорнобиля» (2003 р.), курорт «Куяльник». продавав куяльницьку грязь не лише оздоровницям України, але й за кордон (наприклад, до Південної Кореї). Грязі сприяють зменшенню запальних процесів, укріплюють імунітет і відновлюють функції пошкоджених органів і систем організму, а

також широко використовують у лікуванні безпліддя. Ропу лиману також має лікувальні властивості, а мінеральна вода «Куяльник» допомагає при захворюваннях шлунково-кишкового тракту. Так, наприкінці XIX, початку XX ст.. грязьові проце-

дури безпосередньо біля лиману приймало до 6 000 чоловік [17].

**Постановка завдання.** Дуже актуальним є питання екологічного стану Куяльницького лиману. Рівень води в лимані і його солоність регулярно зазнають зміни (рис. 1).

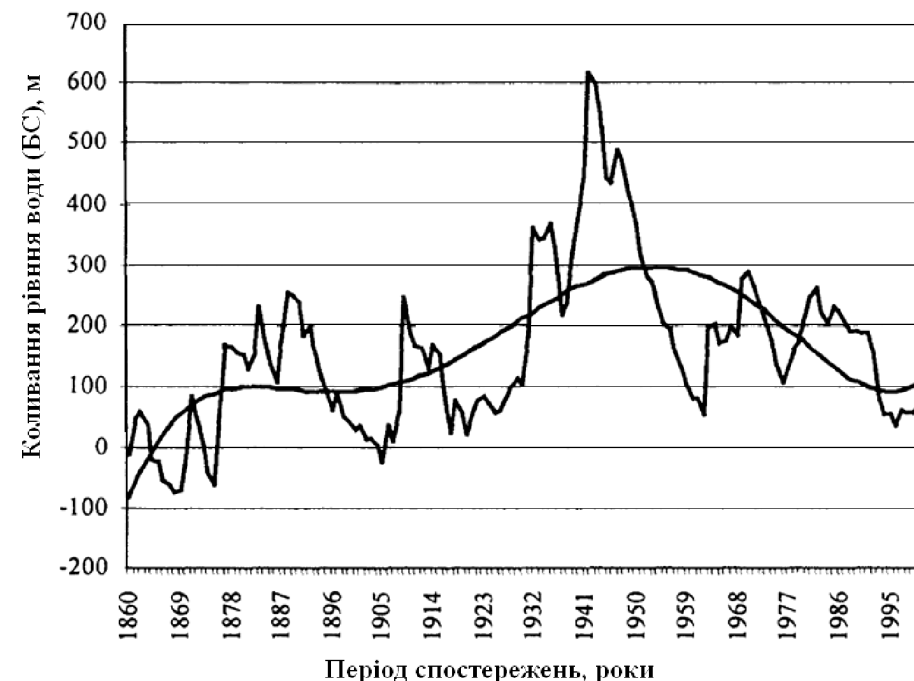


Рис. 1. Динаміка зміни рівня води Куяльницького лиману в часі [1]

Багаторічні спостереження показали, що в період з 1878 по 1968 рр. солоність води в лимані коливалась від 29 до 269‰. У роки з високою солоністю на дно лиману випадала в осад сіль. У посушливі роки, коли пересихала річка Великий Куяльник, площа водоймища зменшувалася майже удвічі. Двічі (1907 і 1925 рр.), для порятунку лиману від пересихання в нього через спеціально прориті канали, запускалася морська вода. Під час війни канал зарили [1, 6,

13, 14]. У 1962 р. було зареєстроване чергове катастрофічне зниження рівня води в лимані й знову постало питання про відновлення каналу. У 1964 р. канал намагалися відновити, але значне випадання снігу в ті зими з наступним дуже значним поверхневим стоком відвернули катастрофу і проект так і не був реалізований.

Але подібні коливання рівня води в лимані були й раніше. Тривалі зниження рівня води в лимані відмічені в 1866-1876 рр., 1894-1908, 1916-

1928, 1959-1962 рр. [1]. Усі вони відбувалися в періоди, коли знижувалося надходження до лиману притоку води.

Загалом максимальний рівень води в лимані (538-547 см) відмічали в 1945-1947 гг. після тривалого поповнення лиману морською водою. Пізніше протягом 15 років рівень води поступово знижувався й досяг найменшої відмітки (20 см) у листопаді 1962 р., тобто амплітуда зміни рівня перевищила 5 м [18,19].

Нині внаслідок повного урегулювання стоку, підвищення середньорічної температури повітря за останні 30-40 років на 2,8-3,5 °С, зростання випаровування з водної поверхні, перерозподілу випадання атмосферних опадів (незначна їх кількість в осінньо-зимовий період і повна відсутність поверхневого стоку), діяльності фірм з добування піску в незаконно організованих кар'єрах та збудованої ними дамби, що перекриває русло річки Великий Куяльник, лиман у квітні 2009 р. опинився на межі виживання: недостатнє живлення призвело до того, що рівень води в ньому зменшився до 6,4 м, а наприкінці 2012 р. перепад рівня води між морем і Куяльником сягав майже 7 метрів.

Куяльник настільки пересох, що під час вітрів у північній частині піднімається в повітря сіль і переноситься на десятки кілометрів, засолюючи навколишні ґрунти (рис. 2)

На сьогодні уже замало повернути лиманові річкову воду, потрібна реалізація проекту будівництва каналу «Куяльницький лиман - Чорне море» для врятування лиману державного значення від загибелі.

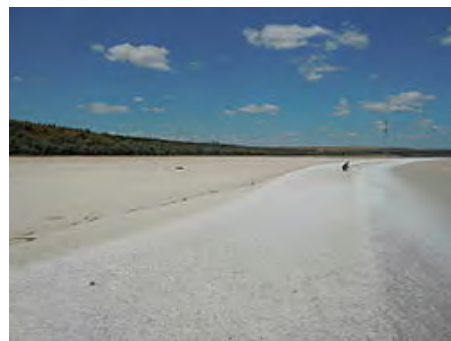


Рис. 2. Верхів'я лиману перетворилися на сольову пустелю

Українські вчені і громадські констатують критичність екологічної ситуації на Куяльницькому лимані, адже повне пересихання лиману призведе до неминучої загибелі водної флори та фауни, втрати унікальних лікувальних властивостей водоймища. Серйозну проблему, зокрема, становитиме солоний пил, який буде розносити вітер (як це сталося після майже повного пересихання Аральського моря).

За оцінками фахівців, рівень води у лимані необхідно підвищити приблизно на півтора метра, а для цього його доведеться практично на 70% заповнити морською водою (не менше 30 млн. м<sup>3</sup>). Але робити це слід поступово.

Під лікувальними грязями (пелоїдами) прийнято розуміти природні утворення, що складаються з води, мінеральних і органічних речовин, які є однорідною пластичною тонкодисперсною масою, що характеризується певними тепловими властивостями, завдяки чому їх застосовують в нагрітому стані з лікувальною метою. Найбільш детально грязьові відкладення Куяльницького лиману вивчали у 1975 - 1976 рр. при проведенні

підрахунку запасів грязьового родовища. Тоді запаси було оцінено в 15 млн м<sup>3</sup>.

Основні фізико-хімічні властивості пелоїдів Куяльницького лиману наведено у табл. 1. Значення рН пелоїдів Куяльницького лиману – 6,70 од. рН (слабокисла реакція). Від'ємні значення Eh свідчать про наявність окислювальних процесів в осадах лиману. Найбільший вміст сірководню в пелоїдах Куяльницького лиману - 0,14 мг/дм<sup>3</sup> [10].

В пелоїдах виявлено пряму кореляційну залежність між масовою часткою вологи та теплоємністю. Величина напруги зсуву найбільша у пелоїдів Куяльницького лиману – 735,75 Па. Найбільші значення липкості для пелоїдів Куяльницького лиману становлять 902,55 Па [10].

За вмістом частинок діаметром більше 0,25·10<sup>-3</sup> м пелоїди Куяльницького лиману відповідають вимогам, які висуваються до пелоїдів (не більше 3 %). Загальний вміст органічних речовин у пелоїдах Куяльницького лиману – 0,98 %. Отже, досліджені мулові сульфідні пелоїди Куяльницького лиману за своїми фізико-хімічними властивостями відповідають вимогам, що висуваються до пелоїдів.

Пелоїдні системи Куяльницького лиману зазнали великих змін, які зумовлені безперервно протікаючим процесом пелоїдоутворення, коливаннями гідрологічного режиму водоймища та постійною експлуатацією пелоїдного покладу у південній частині лиману (табл. 1).

Масова частка вологи є одним із найважливіших фізичних характеристик пелоїдів. Її значення можуть за-

лежати від концентрації солей, механічного складу, умов залягання тощо.

Одержані дані свідчать, що більшість проб мають масову частку вологи в межах 40 – 50 %. Ряд проб характеризується більш низькими значеннями вологи — 32,0 % (1961 р.), 39,0 % (1969 р.), 36,34 % (1995 р.), що пояснюється відбором проб пелоїдів у засушливий період року.

Важливим критерієм оцінки якості пелоїдів є їх фізико-механічні властивості. Знання фізичних та фізико-хімічних параметрів необхідні при організації грязьового господарства та використанні пелоїдів, що пов'язано з їх нагрівом, обладнанням відповідних приміщень у грязьових лікарнях та дозуванням лікувальних процедур. Наукове обґрунтування механізму дії пелоїдів має враховувати їх пластично-в'язкі та інші властивості [11].

Структура пелоїдів, міцність якої характеризується величиною напруги зсуву, є однією з найважливіших властивостей, яка визначає їхню можливість використання у вигляді аплікацій. Величина напруги зсуву сама собою не визначає якість пелоїдів, а характеризує тільки стан придатності їх для будь-якого виду грязелікування (аплікації, ванни).

Мулові сульфідні пелоїди, напруга зсуву яких досягає високих значень, при підготовці до процедур змішують з ропою, доводять цей показник до 150 – 250 Па.

Липкість характеризує силу зчеплення пелоїдів, чим забезпечує тісне прилягання їх до поверхні тіла хворого. Величина оптимальної липкості для мулових пелоїдів становить 200 – 1000 Па.

Таблиця 1.

## Результати повного хімічного аналізу пелоїдів Куяльницького лиману за схемою Шукарева [11]

Компоненти пелоїдів, %	1951	1965	1968	1984	1995	2004	2007
Рідка фаза	57,32	48,95	50,73	67,43	58,36	52,93	67,47
Грязевий розчин, у т.ч. вода	54,36	43,40	46,8	61,80	47,35	46,29	57,69
Розчинені солі:	2,96	5,55	3,93	5,63	11,01	6,64	5,78
Na + K	0,94	-	-	1,74	3,22	2,17	3,08
Ca	0,04	-	-	0,05	0,13	0,09	0,14
Mg	0,11	-	-	0,25	0,61	0,20	0,52
SO	0,05	-	-	0,17	0,27	0,25	0,36
Cl	1,76	-	-	3,34	6,74	3,87	5,62
CO	0,01	-	-	0,01	0,02	-	-
HCO <sub>3</sub> -	0,03	-	-	0,07	0,02	0,06	0,06
Тверда фаза							
I. Кристалічна частина	43,28	-	40,55	25,62	44,84	37,58	22,33
Кальцієво-магнезійний скелет	5,57	-	8,34	8,47	18,97	10,05	7,09
у т.ч. Ca SO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0,15	0,33	0,93	0,59	6,02	-	1,08
Ca (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,27	-	2,51	0,35	0,12	0,61	0,15
CaCO <sub>3</sub>	5,06	3,29	1,43	6,29	12,67	2,64	5,32
MgCO <sub>3</sub>	0,10	1,07	3,47	1,24	0,66	6,80	0,54
Глинисті остів (силікатні частки діаметром більше 0,001 · 10 <sup>-3</sup> м)	22,99	32,27	32,31	17,45	25,87	27,30	15,24
II. Гідрофільний колоїдний комплекс	14,72	-	-	12,58	7,81	9,72	10,20
Силікатні частки діаметром менше 0,001 · 10 <sup>-3</sup> м	8,51	4,53	4,46	6,34	2,96	2,64	2,86
Речовини, розчинні у 10 % HCl, у т.ч.:	5,73	9,77	6,88	4,40	1,78	4,97	5,10
SiO <sub>2</sub>	2,64	1,20	1,37	0,50	0,32	0,25	0,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,15	2,19	3,68	3,23	1,32	3,47	4,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,72	1,29	1,30	0,43	0,02	0,64	0,39
FeO	0,16	0,21	0,22	0,05	0,09	0,61	0,30
MnO	0,06	-	0,01	0,04	-	-	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	0,16	-	-	-
Гідротроїліт	0,46	-	-	0,29	0,29	0,32	0,39
Органічні речовини, у т.ч. C	2,20	1,05	-	1,28	2,58	1,83	1,75
Поглинуті іони	0,05	2,76	-	0,005	0,16	0,1	0,10

До 1975 р. пелоїди Куяльницького лиману мали великі значення напруги зсуву 800 – 1500 Па, після чого вони різко зменшились до 300 – 500 Па.

Сірководень, який утворюється в пелоїдних системах при біохімічному відновленні сульфатів грязьових розчинів в умовах анаеробного середовища, зумовлює біохімічну актив-

ність пелоїдів.

Аналіз даних за вмістом сірководню свідчить про невелике його зниження після 1975 р. від 0,15 – 0,29 до 0,12 – 0,18 % внаслідок поступового затухання біохімічних процесів [11].

Для повної характеристики колоїдно-хімічних властивостей мулових сульфідних систем пелоїди досліджують за схемою Шукарева, що до-

зволяє визначити структуру та хімічний склад пелоїдних систем, найважливіші їх механічні та термічні властивості.

Рідка фаза це грязьовий розчин, який містить розчинені солі — середовище, в якому переважно відбуваються характерні для пелоїдів біохімічні та хімічні процеси.

Порівняно з 1951 р. спостерігається посилене підвищення концентрації розчинених солей – з 2,96 (1951 р.) до 6,64 % (2004 р.) [11]. Із розчинених солей виділяються іони натрію, калію та хлорид-іони.

У кальцієво-магнезійному скелеті відбувається перерозподіл солей: на сьогодні переважають карбонати кальцію та магнію.

Колоїдний комплекс є найбільш хімічно активною частиною твердих речовин мулових сульфідних пелоїдів і перебуває у постійній взаємодії з їх рідкою фазою.

У гідрофільному колоїдному комплексі відмічається зменшення силікатних часток діаметром менше 0,001 · 10<sup>-3</sup> м, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO.

Отже, моніторинг основних колоїдно-хімічних характеристик мулових сульфідних пелоїдів Куяльницького лиману протягом більше 50-ти років свідчить про погіршення їх стану — скорочення масової частки вологи, напруги зсуву, липкості, вмісту сірководню, концентрації біологічно активних компонентів. Крім того, пересихання лиману призвело до того, що унікальні за своїми лікарськими властивостями грязі лиману перетворилися на пил і розносяться вітром, засолюючи навколишні території. На деяких ділянках знесений шар грязі Куяльника становить

вже 5 і більше см.

**Мета роботи** – ознайомити громадськість з дійсним екологічним станом Куяльницького лиману, проаналізувати хімічний склад й антропогенне забруднення ропи Куяльницького лиману, води Одеської затоки Чорного моря та води річки Великий Куяльник та обґрунтувати найкраще джерело поповнення лиману водою для збереження його екологічного стану.

**Матеріали та методи дослідження.** Об'єкти дослідження: ропи Куяльницького лиману, морська вода Одеської затоки, вода річки Великий Куяльник.

Комплекс досліджень: експедиційні виїзди на лимани з відбором проб ропи та води з річки та моря; стаціонарні фізико-хімічні дослідження основного макроскладу (гідрокarbonат-, carbonат-іони, хлориди, сульфати, кальцій, магній, натрій + калій), санітарно-хімічних показників (нітрат-, нітрит-іони, іони амонію), вмісту нормованих компонентів (фтор, миш'як, свинець, цинк, кадмій, мідь, ртуть, стронцій, феноли) та вмісту біологічно активних компонентів і сполук (йод, бром, кремній, органічний вуглець); санітарно-хімічні дослідження ропи: визначення вмісту фенолів, пестицидів, нафтопродуктів, ПАР; аналіз проб ропи на вміст стійких органічних забруднювачів (СОЗ) (хлорорганічні пестициди (ХОП) — α-ГХЦГ, ГХБ, β-ГХЦГ, γ-ГХЦГ (ліндан), гептахлор, алдрин, ДДТ та його метаболіти, поліхлоровані біфеніли (ПХБ) та поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) — нафталін, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пірен, бенз(а)антрацен, хризен,

бенз(б,к)флуорантен, бенз(а)пірен, бензо(г,і,і)перілен, ди-бенз(а,і)антрацен, індено(1,2,3-сд)пірен). Методику розроблено в Українському науковому центрі екології моря (Одеса). Дослідження виконували методом хромато-маспектрометрії.

Фізико-хімічні та санітарно-хімічні показники визначали відповідно до затверджених методик [9].

При проведенні фізикохімічного дослідження використовували апаратуру: іонімір ЕВ-74, фотоколориметр КФК-2, КФК-3, спектрофотометр атомно-абсорбційний С-115-М1,

сцинтиляційний альфалічильник САС-Р-2М, аналізатор ртуті «Юлія-2К», аналізатор рідини «Флюорат-02-2М», мілівольтамперометричний аналізатор рідини «АВА-2», аналізатор загального органічного вуглецю ТОС-V CSN, хроматограф «Кристал-2000».

**Результати досліджень.** Дослідження показали, що мінералізація ропа Куяльницького лиману у 2005 та 2008 рр. становила 85-102, 4 г/дм<sup>3</sup>. Хімічний склад ропа є хлоридним натрієвим, де вміст переважаючих іонів відповідно складає 71 та 96 % (табл. 2).

Таблиця 2.

Хімічний склад ропа Куяльницького лиману, мг/дм<sup>2</sup>

Дата	pH	Ca	Mg	Na+K	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	M
14.03.2005	7,25	1200	5594	29575	240	50	244	5581	59960	102444
22.06.2008	6,9	980	4760	25320	98	45	150	2786	52570	86709
23.06.2008	7,4	960	4770	25009	113	40	150	2760	52120	85922
24.06.2008	7,2	1000	4620	25110	80	40	150	2907	51770	85677
26.06.2008	7,1	900	4800	25560	180	40	150	3000	52830	87460
27.06.2008	7,55	1120	4850	26410	210	40	100	3185	54600	90515
25.07.2008	7,3	860	5450	30840	348	40	150	3280	62740	103708
01.08.2011	7,2	800	8800	55420	600	50	200	7800	107160	180830

За опублікованою інформацією мінералізація ропа лиману в 1945 р. становила 29, а в 1962 – 285%, у 2006-2009 – 100-169 %, тобто її склад і мінералізація змінюються в часі [1, 10-12, 15, 20].

Ропи Куяльницького лиману містить органічні й біогенні речовини, значну кількість бромиду, дещо менше йоду, залишки важких металів (табл. 3).

За середньоарифметичним вмістом азоту аміаку, нітритного азоту ропа Куяльницького лиману відноситься до 3 категорії якості (досить чиста), за вмістом нітратів – до 1

(дуже чиста), фосфатів – до 4 (слабко забруднена).

**Перманганатна окиснюваність** відображає, в основному, кількісні показники легко окиснюваних органічних речовин частково гумусних сполук. За цим показником ропа лиману належить до 7 категорії якості (дуже брудна).

За середньоарифметичним вмістом важких металів (кадмій, свинець, залізо) ропа є дуже чистою, за вмістом ртуті, цинку – досить чистою, марганцю – слабко забрудненою, нікелю – брудною (6 категорія якості), міді, хрому – дуже брудною.

Таблиця 3.

Вміст забруднюючих речовин у ропі Куяльницького лиману

Інгредієнти	Вміст, мг/дм <sup>3</sup>					Рівень надійності, 95,0 %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	
ПО, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	18,2	35,44	24,46	1,19	4,62	2,56
NO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,002	0,011	0,0064	0,0007	0,0026	0,0016
NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,011	0,152	0,090	0,013	0,048	0,028
NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,007	0,535	0,212	0,044	0,177	0,094
PO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,012	0,124	0,0679	0,0098	0,034	0,022
P, орг. мг/дм <sup>3</sup>	0,003	0,143	0,046	0,013	0,041	0,031
Fe	0,0096	0,024	0,017	0,0019	0,0055	0,0046
SiO <sub>3</sub>	0,39	2,4	1,27	0,14	0,47	0,32
Zn	0,0034	0,0346	0,0159	0,0052	0,0128	0,0135
Cu	0,0027	0,170	0,085	0,021	0,058	0,049
Br	285,4	342,55	303,87	8,19	21,66	20,03
J	2,51	8,12	4,60	0,71	1,89	1,75
Ni	0,09	0,10	0,091	0,001	0,003	0,003
Mn	0,04	0,2314	0,090	0,022	0,063	0,053
Cr	0,1	0,15	0,125	0,006	0,016	0,015
Co	0,0003	0,0008	0,0005	0,000069	0,00017	0,00018
Cd	0,000078	0,00012	0,000094	0,000006	0,000018	0,000029
As	0,000098	0,00068	0,00041	0,000097	0,00024	0,00025
Mo	0,0066	0,09	0,0691	0,0136	0,0386	0,032
Pb	0,00064	0,00178	0,00106	0,0002	0,00045	0,00056
Hg	0,000068	0,000091	0,000071	0,0000051	0,00001	0,000016

Серед специфічних біологічно активних компонентів та сполук в терапевтично значній кількості міститься в ропі: йоду 2,33 - 13,2 мг/дм<sup>3</sup>, бромиду 278,4 - 398,4 мг/дм<sup>3</sup>, ортоборної кислоти 36,40 - 100,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрації компонентів, що зазвичай нормуються в мінеральних водах (свинець, кадмій, мідь, цинк, ванадій, хром, ртуть феноли) не перевищували вимог, які зазначені у ГСТУ 42.10-02-96 "Води мінеральні лікувальні. Технічні умови". Радіоактивні компоненти радій і уран не виявлено. Вміст сірководню в ропі становить 0,02 - 0,04 %.

Однак, мінералізація ропа Куяльницького лиману є значно вищою за мінералізацію морської води Одеської затоки Чорного моря (табл. 4).

Мінералізація морської води в Одеській затоці змінюється від 14,7 до 18,5 г/дм<sup>3</sup>, що в середньому більш ніж у 5 разів нижче мінералізації ропа Куяльницького лиману. У морській воді, як і ропі лиману, переважають серед катіонів іони натрію, а серед аніонів – хлору з вмістом відповідно 77,2 та 89,7 %. За хімічним складом води моря й ропа лиману також близькі й відносяться до хлоридного класу, натрієвої групи.

Таблиця 4.

## Статистична характеристика хімічного складу морської води

Інгредієнти	Вміст, мг/дм <sup>3</sup>					Рівень надійності, 95,0 %
	Мінімальний	Максимальний	Середній	Стандартна похибка	Стандартне відхилення	
Ca <sup>2+</sup>	219,0	269,0	255,5	2,55	12,21	5,28
Mg <sup>2+</sup>	596,0	684,0	660,6	5,17	24,81	10,73
Na <sup>+</sup>	4515,0	6695,0	5619,6	82,15	394,00	170,38
K <sup>+</sup>	189,0	208,2	197,8	2,79	7,40	6,84
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	26,0	93,0	46,0	14,06	31,46	39,05
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	158,0	201,0	183,6	2,60	12,45	5,38
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1300,0	1450,0	1360,6	6,77	32,46	14,04
Cl <sup>-</sup>	8042,0	10306,0	9792,3	109,50	525,17	227,09
Мінералізація	14725,0	18488,0	17786,1	196,97	944,64	408,49
Відсотковий вміст інгредієнтів, мг-екв/дм <sup>3</sup>						
Ca <sup>2+</sup>	3,69	4,25	4,0	0,02	0,11	0,05
Mg <sup>2+</sup>	15,62	18,95	17,20	0,11	0,53	0,23
Na <sup>+</sup>	74,91	80,69	77,20	0,23	1,12	0,48
K <sup>+</sup>	1,50	1,90	1,60	0,04	0,10	0,09
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,11	0,40	0,21	0,07	0,15	0,11
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,87	1,06	0,93	0,01	0,06	0,03
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	8,94	11,17	9,18	0,11	0,51	0,22
Cl <sup>-</sup>	87,65	90,12	89,67	0,12	0,58	0,24

Відібрані й проаналізовані 21.12.2014 р. проби води з Куяльницького лиману й Одеської затоки Чорного моря в Фізико-хімічному інституті ім. А.В. Богатського свідчать, що вміст важких металів у воді Чор-

ного моря в багатьох випадках на порядок нижче, ніж у ропі Куяльницького лиману (кадмій, миш'як, цинк, залізо, марганець), а їх значення значно нижчі за ГДК для морської води (табл. 5).

Таблиця 5.

## Порівняльна характеристика вмісту важких металів у воді Чорного моря й Куяльницького лиману.

Метал токсикант	Вміст, мкг/дм <sup>3</sup>		
	ГДК для морської води	у морській воді	у ропі лиману
Ртуть	0,1	0,045	0,091
Кадмій	1	0,016	0,116
Свинець	10	1,29	1,78
Хром	5	0,25	0,29
Миш'як	10	0,013	0,554
Цинк	50	0,67	3,36
Мідь	5	1,74	2,73
Железо	50	4,9	23,9
Кобальт	5	0,5	0,5
Марганець	-	12,3	231,4

Таблиця 6.

## Порівняльна характеристика вмісту пріоритетних поліаренів у воді Чорного моря й Куяльницького лиману.

Поліарен	Вміст, мкг/дм <sup>3</sup>		
	ГДК для морської води	у морській воді	у ропі лиману
Нафталін	100,0	10,1	27,9
Аценафтален		1,1	2,0
Аценафтен		1,9	2,1
Флуорен		12,7	15,3
Фенанрен	20,0	10,1	26,1
Антрацен	20,0	0,9	21,2
Флуорантен	6,0	5,1	32,4
Пірен		4,7	20,9
Бенза(а)антрацен	3,0	14,2	20,5
Хризен	3,0	14,4	45,2
Бенз(в)флуорантен		≤1,0	≤1,0
Бенз(к)флуорантен	3,0	≤1,0	5,4
Бенз(а)пірен	3,0	≤1,0	1,4
Індено(1,2,3-сd)пірен		≤1,0	3,4
Дібенз(а,h)антрацен		1,1	1,2
Бензо(g,h,i)перілен		≤1,0	≤1,0

За даними таблиці 5 вміст кобальту у воді Куяльницького лиману і морській воді має однакові значення, а вміст хрому, свинцю, ртуті, міді дещо вище у ропі.

У тій же лабораторії Фізико-хімічного інституту ім. А.В. Богатського в цей період було визначено й вміст хлороорганічних пестицидів методом газорідної хроматографії (прибор Mega-2 HRGC 8560 "Fisons Snst"), а також поліциклічні ароматичні вуглеводні й пріоритетні поліарени (хромато-мас-спектрометричним методом на приборі Agilent7890A|5975C) як у морській воді, так і у ропі Куяльницького лиману (таблиці 6 та 7).

Результати таблиці 6 свідчать, що вміст усіх поліаренів у ропі лиману значно вищий, ніж у морській воді і за винятком бенза(а)антрацену та хризену нижчі за ГДК для морської води. Концентрація бен-

за(а)антрацену та хризену у воді Чорного моря майже в 5 разів вище ГДК для морської води й викликає занепокоєння.

Серед хлорованих пестицидів найбільшу загрозу несе ліндан, уміст якого у воді Чорного моря вищий, ніж у воді лиману у 8 разів і вищий за ГДК для морської води у 20 разів. Уміст усіх інших пестицидів у морській воді нижчий або має однакову концентрацію з ропою Куяльницького лиману (табл. 7).

Загалом антропогенне навантаження на екосистему Куяльницького лиману є вищим, ніж на воді Чорного моря й концентрація переважної більшості токсикантів у ропі лиману значно вища ніж у морській воді. Тому морська вода може бути використана для підвищення рівня й наповнення Куяльницького лиману без ризику погіршення його екологічного стану.



Щодо альтернативи морській воді Одеської затоки з наповнення й відновлення екосистеми Куяльницького лиману то такої однозначно нема. По-

перше, первинне походження вод Куяльницького лиману морське. В такому стані він розвивався багато століть.

Таблиця 7.

**Порівняльна характеристика вмісту хлорованих пестицидів у воді Чорного моря й Куяльницького лиману.**

Хлорорганічні пестициди	Вміст у мкг/дм <sup>3</sup>		
	ГДК для морської води	у морській воді	у ріпці лиману
γ-ГХЦГ		0,1	0,1
ГХБ	100	0,1	0,1
β-ГХЦГ		≤0,1	≤0,1
Ліндан	0,2	4,0	0,5
Гептахлор		0,9	2,1
Альдрин	10,0	0,1	0,9
ДДЕ		0,1	0,45
ДДД		0,11	0,13
ДДТ	25,0	0,1	0,14

По-друге, на сьогодні зниження рівня води в Куяльницькому лимані пов'язано з повною урегульованістю стоку річок, що в нього впадають, а також значним випаровуванням з водної поверхні, яка становить 364-934 (у середньому 561 мм/рік), що в кінцевому результаті становить 29,172 млн м<sup>3</sup>/рік з поверхні лиману Куяльник.

Поверхня ставків та водосховищ у басейні річки Великий Куяльник, які запроектовані й побудовані в 1957-1967 рр. і майже на 1 м замулені, оцінюються в 3,5-4,7 км<sup>2</sup> з акумульованим об'ємом до 10 млн м<sup>3</sup>. Отже, в маловодний рік увесь стік річки поміститься в наявних ставках та водосховищах без стоку й поповнення Куяльницького лиману.

За даними Гопченко Е.Д., Лободи Н.С. й ін. [3] норма кліматичного річного стоку річок північно-західного Причорномор'я змінюється від 30 до 10 мм, а норма природного стоку значною мірою залежить від рельєфу місцевості і для річок Тілігул (басейн

Тілігульського лиману), Великий Куяльник (басейн Куяльницького лиману), Свинна (басейн Хаджибейського лиману) змінюються від 13 до 7 мм відповідно. Внутрішньорічний розподіл стоку складається з сезонів: весна (III-V), літо (VI-VIII), осінь (IX-XI), зима (XII-II). Найбільша частка стоку формується у сезон "весна". Внаслідок посушливості клімату, незначного припливу підземних вод та антропогенного навантаження річки північно-західного Причорномор'я за типовою схемою розподілу пересихають протязі більшої частини року: у багатоводні роки - з вересня по листопад; у середні за водністю роки - з серпня по листопад; у маловодні - з липня по січень включно (табл. 8) [7, 8].

Середня багаторічна величина річного стоку річки Великий Куяльник змінюється від 0,6 л/с км<sup>2</sup> на півночі до 0,2 л/с км<sup>2</sup> при впадінні у Куяльницький лиман. Найбільший річний стік спостерігався у 2003 р. (34 мм),

найменший - у 1993 р. (0,5мм). Середня багаторічна величина річного

стоку р. Куяльник - с. Северинівка становить 4,83 мм.

Таблиця 8.

**Внутрішньорічний помісячний розподіл стоку (%) характерних років (на основі даних спостережень р. Великий Куяльник - с. Северинівка)**

Рік	P, %	Характеристика водності	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
2003	7	багатоводний	43,8	37,3	9,61	0,43	0,17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,59
1990	50	середній за водністю	22,6	13,4	4,12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	43,2
1987	78	маловодний	70,5	29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Максимальна місячна витрата води (10,3 м<sup>3</sup>/с) у створі В. Куяльник - смт. Северинівка спостерігалась у березні 2003р. У всі роки, окрім 1988, річка пересихала - стік відсутній, найбільша витрата - 35,9 м<sup>3</sup>/с (26.03.2003 р.) [8].

Оцінений притік прісних вод до лиману за різними оцінками становить 17-26 млн м<sup>3</sup> рік, з них 1,3 млн м<sup>3</sup> - підземний стік.

Нині весь цей стік відрегульований і близько 80% штучних водойм, розташованих у межах водозборів річок, щорічно пересихає, а значні об'єми припливу талих та дощових вод витрачаються на їх заповнення та у подальшому випаровування з вод-

ної поверхні [3].

Хімічна характеристика стоку річки Великий Куяльник:

усереднена загальна мінералізація у 1978-1993 рр. була більш ніж у 10 разів нижчою морської води й не перевищувала 3662 мг/дм<sup>3</sup> при середньоарифметичному 1609 мг/дм<sup>3</sup>. У воді в значній частині проб уміст токсичних катіонів магнію і натрію та аніонів хлору й сульфатів перевищував встановлені граничнодопустимі норми у рази для водойм рибогосподарського призначення. Така мінералізація є характерною для більшості річок Причорномор'я. За хімічним складом це хлоридно-сульфатна магнієво-натрієво-кальцієва вода (табл. 9).

Таблиця 9.

**Характеристика хімічного складу води річки Великий Куяльник**

Інгредієнти	Вміст у роки, мг/дм <sup>3</sup>					
	1978-1993			2010-2014		
	мінімальний	максимальний	середній	мінімальний	максимальний	середній
Ca <sup>2+</sup>	60,1	233,0	129,9	80,0	320,0	206,8
Mg <sup>2+</sup>	9,7	379,0	135,6	64,0	469,0	274,2
Na <sup>+</sup>	1,0	535,0	170,4	141,0	708	486,5
K <sup>+</sup>	0,1	225,0	52,9	13,8	21,0	16,8
CO <sub>3</sub> <sup>»-</sup>	0	0	0	0	9,0	4,6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	145,0	589,0	368,4	245,0	600,0	449,7
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	25,9	885,0	350,0	110,0	1750,0	1119,2
Cl <sup>-</sup>	31,5	1760	454,9	345,0	1310,0	910,3
Мінералізація	436,1	3661,0	1609,2	995,0	5100,0	3346,5
pH	7,3	8,2	7,79	8,18	8,60	8,36

Таблиця 10.

**Порівняння умісту забруднюючих речовин  
у воді річки Великий Куяльник та Чорного моря**

Інгредієнти	Вміст, мг/дм <sup>3</sup>							
	р. Великий Куяльник				морська вода			
	мінім.	максим.	середній	категорія якості	мінім.	максим.	середній	категорія якості
pH	7,3	8,2	7,79	2	6,8	8,4	7,81	2
Жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	5,61	39,82	17,67	-	60,00	69,55	67,14	-
NO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0	1,0	0,067	3	0	0,036	0,0087	3
NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0	10,6	4,525	7	0,05	0,25	0,062	1
NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,1	4,4	0,927	5	0	0,28	0,069	1
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	8,77	13,9	12,09	1	2,1	13,0	7,94	2
O <sub>2</sub> , % насич.	61,0	154,0	98,9	1	32,0	105,0	72,3	4
CO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,9	9,2	4,18	-	-	-	-	-
Прозорість, м	0,2	2,4	1,965	1	6,0	7,4	6,57	1
Кольоровість	6	74	24,3	-	9,3	18	14,09	-
Зваж. реч., мг/дм <sup>3</sup>	3,0	832,0	101,7	7	3,0	5,1	3,78	1
ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	5,6	12,8	9,9	4	3,8	12,4	8,07	4
БО, мгО/дм <sup>3</sup>	8,7	149,0	29,8	4	-	-	-	-
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,96	10,75	3,98	4	-	-	-	-
PO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0	0,475	0,089	4	0	0,135	0,0255	2
P, заг. мг/дм <sup>3</sup>	0,038	0,867	0,156	-	0	0,140	0,0302	-
НП	0	0,15	0,019	2	0	0,33	0,138	5
СПАР	0	0,2	0,07	5	0	0,042	0,0135	3
Феноли	0	0	0	1	0	0,009	0,00425	5
F	0,28	0,34	0,302	5	0,26	0,34	0,295	5
α-ГХЦГ	0	0,000012	0,000001	-	0	0	0	-
γ-ГХЦГ	0	0,00001	0,0000007	-	0	0	0	-
ДДТ	0	0,00001	0,0000007	-	0	0	0	-
ДДЕ	0	0,00001	0,0000007	-	0	0	0	-
ДДД	0	0,00001	0,0000007	-	0	0	0	-
Формальдегід	0,1	0,14	0,128	-	-	-	-	-
Si	0,2	5,5	0,79	-	0,95	3,00	1,90	-
Cu	0,0017	0,018	0,0078	4	0,00278	0,0144	0,008	4
Zn	0,002	0,038	0,036	4	0,00933	0,025	0,016	3
Fe	0	0,82	0,254	4	0,03	0,3	0,129	4
Cr <sup>6+</sup>	0	0,016	0,0061	4	0,005	0,006	0,00525	3
Pb	0	0,034	0,0162	4	0,00044	0,00168	0,00092	1
Co	0,001	0,038	0,0086	-	-	-	0,0005	-
Ti	0,067	0,174	0,108	-	-	-	-	-
Ni	0	0,038	0,0086	3	0	0,011	0,002	2
Cd	-	-	-	-	0,00014	0,001758	0,0008	5
Hg	-	-	-	-	0,000025	0,000047	0,0000325	2
Mn	0	0,178	0,042	3	0,00125	0,00817	0,0035	1

У 2010-2014 рр. загальна мінералізація води річки Великий Куяльник зросла вдвічі порівняно з 1978-1993 рр. Зростання загальної мінералізації відбулося за рахунок катіонів натрію в 3,36 рази, магнію – 2,02, сульфат-аніонів – 3,42, хлоридів – 1,96 рази.

Вода річки Великий Куяльник містить значну кількість біогенних речовин, фосфатів, органічних речовин, фенолів, нафтопродуктів, важких металів, пестицидів.

Уміст біогенних речовин у вигляді сполук азоту у воді річки Великий Куяльник значно (на порядок) вищий, ніж у морській воді відповідно: NH<sub>4</sub> – 0,927 та 0,069 мг/дм<sup>3</sup>; NO<sub>3</sub> – 4,525 та 0,062; NO<sub>2</sub> – 0,067 та 0,0087. Аналогічним є й вміст фосфатів – відповідно 0,089 та 0,0255 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 10).

Якщо порівняти вміст важких металів у воді річки Великий Куяльник морською водою, то між багатьма показниками різниця більша ніж на

порядок з перевагою річкової води (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, зважені речовини, свинець, кобальт, марганець). Уміст таких важких металів як свинець, мідь, цинк, кобальт, хром, залізо у воді р. Великий Куяльник є значно вищим, ніж у ропі Куяльницького лиману (табл. 3, 10).

Дещо вищими, ніж у воді річки Великий Куяльник, є концентрації нафтопродуктів та фенолів у морській воді. Це викликає деяке занепокоєння.

Загальну оцінку ропи, морської води, води річки Великий Куяльник **за всією множиною трофо-сапробіологічних показників** (за так званою функцією міри R, [16]) наведено у табл. 11, яка свідчить, що вода цих джерел відповідно належить до 3, 4, 4 категорії, тобто морська вода є досить чистою, а ропи лиману й вода річки Великий Куяльник – слабо забрудненою.

Таблиця 11.

**Якість води й ропи за всією множиною  
трофо-сапробіологічних показників**

Категорія якості води	Кількість показників відповідної категорії та загальна оцінка якості води		
	ропа	Великий Куяльник	морська вода
1	5	4	6
2	2	2	5
3	4	3	4
4	2	9	4
5	0	3	4
6	6	0	0
7	3	2	0
Загальна оцінка R	76/22=3,49	82/23=4,00	74/23=3,22
Категорія якості	4	4	3

Аналіз засвідчує, що наповнення Куяльницького лиману морською водою Одеської затоки Чорного моря не завдає значної шкоди його еколо-

гічному стану. Наповнення лиману стоком річок, що в нього спадають, то цей стік є більш антропогенно забрудненим ніж морська вода і його

об'єми незначні. Буде продовжуватися рознесення солей з поверхні висушеного лиману на навколишні ґрунти та їх засолення й зниження родючості.

### Висновки.

Екологічний стан більш ніж наполовину пересохлого Куяльницького лиману вимагає невідкладного втручання у його подальше існування і негайне наповнення водою.

Порівняння хімічного складу ропи лиману, морської води й води річки Великий Куяльник свідчить, що найбільш придатною для наповнення лиману є морська вода Одеської затоки Чорного моря. Більше того, походження самого лиману є морським

і в такому стані він розвивався багато століть.

Уміст переважної частини забруднюючих і токсичних речовин у морській воді значно нижчий, ніж у воді річки Великий Куяльник і ропі Куяльницького лиману. Природний стік з басейну річки Великий Куяльник і підземного стоку в ложе лиману є недостатніми для самовідновлення лиману в найближчий час.

Отже, поповнення ложа Куяльницького лиману морською водою Одеської затоки Чорного моря є безальтернативним. Ці роботи необхідно продовжувати щонайменше до квітня місяця з наступним відновленням в осінньо-зимовий період 2015-2016 рр.

### Література

1. Адобовский В.В., Шихалеева Г.Н., Шурова Н.М. Современное состояние и экологические проблемы Куяльницкого лимана / Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны. Севастополь, 2002, вып.1(6).- С.71-81.
2. Геология шельфа Украины. Лиманы // Отв. ред. Е.Ф.Шнюков. – Киев: Наук. Думка, 1984. – 176 с.
3. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – К.: КНТ. – 2005. – 188 с.
4. Зелинский И.П., Черкез Е.А., Шмуратко В.И. Роль тектонической разблоченности в формировании инженерно-геологических и сейсмических процессов на территории Одессы // Зб. наук. праць НГА України. – Дніпропетровськ, 1999. – Т.1. 6. – С. 188-192.
5. Козлова Т.В., Черкез Е.А., Шмуратко В.И. Микроблоковая геодинамика на территории Одессы и скорость осевого вращения Земли. Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць / Державне підприємство «НДІБК» Мінрегіонбуду України. Вип. 75: в 2-х кн.: Книга 1. - Київ, ДП НДІБК, 2011. С.271-276.
6. Колесникова А.А., Носырев И.В., Шмуратко В.И. Циклический характер изменчивости гидролого-гидрохимических параметров Куяльницкого лимана (Северное Причерноморье) // Доповіді НАН України, 8, 1997, С.123-128.
7. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. – Одесса: Экология. - 2005. – 208 с.
8. Лобода Н.С., Гриб О.М., Сіренко А.М. Оцінка припливу прісних вод до Куяльницького лиману//Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2011. - Т.1(22). – С. 51-59.
9. Нікіпелова О. М. Посібник з методів контролю природних мінеральних вод, штучно-мінералізованих вод та напоїв на їх основі. Ч. 1. Фізико-хімічні дослідження / О. М. Нікіпелова, Т. Г. Філіпенко, Л. Б. Солодова. – Одеса : Спеціалізоване вид-во «ЮНЕСКО-СОЦІО», 2002. – 96 с.
10. Нікіпелова О. М., Мокієнко А. В., Солодова Л. Б., Боровська Ж. М., Ціома О. А., Коєва

- Х. О., Шевченко М. В. Характеристика фізико-хімічних властивостей й пелоїдів причорноморських лиманів // Вісник ОНУ. Том 17, випуск 2 (42) 2012. Хімія. С. 42-47.
11. Нікіпелова О.М. Результаты мониторинга колоїдно-хімічних властивостей мулових сульфідних систем Куяльницького лиману та озера Чокрак //Труды Одесского политехнического университета, 2009, вып. 1(31). С.169-173.
  12. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов // Изд. Наукова думка, Киев, 1974. – 225 с.
  13. Рудской М.П. Изменения уровня лиманов // Записки Новороссийского общества естествоиспытателей. – Т. XX. – Вып. I. – Одесса. – 1895. – С. 13-23.
  14. Рудской М.П. О происхождении лиманов Херсонской губернии //Записки Новороссийского общества естествоиспытателей. – Т. XX. – Вып. I. – Одесса. – 1895. – С. 1-12.
  15. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева. — Киев: Наукова думка, 2006. — 701 с.
  16. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С.І. Сніжко // Київ. “Ніка-Центр”. 2001. 262 с.
  17. Старушенко Л. И., Бушуев С. Г. Причерноморские лиманы Одесчины и их рыбохозяйственное значение. — Одесса: Астропринт, 2001. — 151 с.
  18. Шмуратко В.И., Черкез Е.А. Ротационная динамика и режим уровня смежных водоносных горизонтов на территории Одессы // Ресурсы подземных вод: Современные проблемы изучения и использования: Материалы между. науч. конф. Москва, 13-14 мая 2010 г.: К 100-летию со дня рождения Бориса Ивановича Куделина. – М.: МАКС Пресс, 2010. С.165 – 170.
  19. Шмуратко В.И., Черкез Е.А., Буняк О.А. Гидродинамический режим подземных вод на территории Одессы и ротационная динамика / Комплексные проблемы гидрогеологии: тез. докл. науч. конф. – 27-28 октября 2011г. – СПб.: С.-Петербург. Ун-т, 2011. С. 199-201.
  20. Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Бабинцев С.К. и др. Особенности ионно-солевого состава воды Куяльницкого лимана // Вісник ОНУ. Т. 11. Вип. 2, Хімія, 2006. С. 67-74.

УДК 631.67:504.4.062.2

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ ЗРОШУВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ

Стратічук Н. В., Пилипенко Ю. В.

Херсонський державний аграрний університет  
73006, м. Херсон, вул. Р.Люксембург, 23,  
mnv2810@rambler.ru

Досліджується актуальне питання щодо сучасного меліоративного стану зрошуваних земель і їх подальше екологічнобезпечне використання. Запропоновано механізм відрахування товаровиробником коштів за негативний вплив на навколишнє середовище, який вони здійснюють у процесі своєї діяльності. *Ключові слова:* зрошувані агроландшафти, екологічна безпека, меліоративний стан ґрунтів, екологічна шкода.

**Современные тенденции сохранения экологического равновесия орошаемых агроландшафтов.** Стратічук Н. В., Пилипенко Ю. В. Исследуется актуальный вопрос о современном меліоративного состоянии орошаемых земель и их дальнейшее экологически безопасное использование. Предложен механизм отчисления товаропроизводителем средств за негативное воздействие на окружающую среду, которое они осуществляют в процессе своей деятельности. *Ключевые слова:* орошаемые агроландшафты, экологическая безопасность, меліоративное состояние почв, экологический вред.

**Current trends environmental balance of irrigated agricultural landscapes.** Straticuk N.V. Pilipenko Y.V. We study the relevant issues of modern reclamation status of irrigated lands and their subsequent use ecologically. The mechanism of commodity allocations of funds for the negative impact on the environment in which they carry out their work. *Key words:* irrigated agricultural landscape, environmental safety, reclamation state soil environmental damage.

### Вступ

Згідно Закону України «Про загальнодержавну програму розвитку водного господарства», прийнятого 17 січня 2002 року, передбачалося створення законодавчих та організаційних засад управління водним господарством за басейновим принципом, оскільки роль водного фактору постійно зростає і розвиток економічної та соціальної сфери залежить від нього в значному ступені. Забезпечення збалансованості розвитку водного господарства, охорона вод і від-

творення водних ресурсів було визначено стратегічною метою.

Сьогодні в Україні існують басейнові управління великих річок, у яких площа водозбору перевищує 50 тис. км<sup>2</sup>, та середніх річок, які мають площу водозбору понад 2 тис. км<sup>2</sup>. Незважаючи на прийняті заходи досягти стратегічної мети не вдалося. Основною причиною цього є те, що межі річкових басейнів не співпадають з межами адміністративно-територіальних одиниць (областей та районів).

Розробці наукових проблем, пов'язаних з оптимізацією економічних і екологічних взаємовідносин,

підвищенню ефективності охорони вод, відтворенню природно-ресурсного потенціалу, присвячені роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, серед яких доцільно відмітити праці Д.Діксона, А.С.Дудова [1], Х.Х.Кусаїнова, В.М.Трегобчука, О.М.Царенко., Клименко М.О. Розробкою заходів, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів, займалися вчені К.Аренд, В.І.Благодатний [2], В.Г.В'юн, Д.Т.Зузік, І.А.Мухіна, В.Г.Сахаєв [3]. Проте недостатньо дослідженими залишаються проблеми природокористування, що стосуються комплексної оцінки еколого-економічних процесів, їх взаємообумовленості, зокрема проблеми раціонального використання ресурсів у зрошуваному землеробстві.

### Постановка завдання

На основі вищевказаного була поставлена мета детально проаналізувати складові екологічної рівноваги зрошуваних агроландшафтів, еколого-економічні аспекти використання товаровиробниками різних форм господарювання поливних земель. У процесі дослідження використовувались методи статистико-економічного групування на основі матеріалів звітів та первісних документів міжрайонних управлінь водного господарства Херсонської області.

Потреба сільськогосподарських ландшафтів у зрошувальних меліораціях на півдні України визначається тим, що вони розташовані в зоні недостатнього зволоження, де періодично повторювані посухи ведуть до зниження урожаїв сільськогосподарських культур і загибелі посівів, якщо не застосовувати зрошення. Ши-

рокомасштабний розвиток водної меліорації у південному регіоні сприяв появі таких негативних явищ, як засолення, осолонцювання і заболочування, порушення природно-сформованого водно-сольового режиму ґрунтів, підвищення рівня підґрунтових вод, зміна органічної та мінеральної частин ґрунтів. Ці фактори спонукають до пошуку заходів запобігання і компенсації порушення рівноваги зрошуваних агроландшафтів.

### Виклад основного матеріалу

При нераціональному використанні зрошення, і якщо воно проводиться водами з підвищеною мінералізацією, відбувається негативний вплив води на ґрунт, що призводить до погіршення його фізичних та фізико-хімічних властивостей [4].

В умовах посушливого клімату півдня України на зрошуваних масивах із слабкою природною дренажістністю закритий горизонтальний дренаж є необхідним профілактичним засобом для запобігання засолення як зрошуваних, так і прилеглих до них богарних земель. Крім цього характерним негативним явищем для території Херсонської області є підтоплення як сільськогосподарських земель, так і населених пунктів. Процент земель області з рівнем залягання підґрунтових вод (РПВ) вище 1,0 м складає 0,9 %, з РПВ від 1,0 до 2,0 м – 2,1 %, від 2,0 до 3,0 м – 8,7 %, від 3,0 до 5,0 м – 14,0 %. Але більшість зрошуваних земель Херсонської області (74,4%) мають РПВ нижче 5 м (табл.).

Для степової зони характерна наявність засоленних і солонцюватих земель, що відбувається через підйом рівня ґрунтових вод і збільшення ступеня їх мінералізації.

Аналіз показав, що засолені землі займають 18 646 га, тобто складає 4,4% від усіх зрошуваних площ. Категорії земель сильно засолених і солончаки на Херсонщині відсутні. Переважна більшість управлінь (Інгулецьке, Приморське, Новотроїцьке, Херсонське, Генічеське) мають у своєму складі слабо засолені і середньо засолені землі, яким властива висока щільність, низька пористість,

висока гігроскопічність, низька водопроникненість.

Площа солонцюватих земель по Херсонській області, станом на 01.01.2013 р., склала 396 925 га, що становить 93,1% від усіх зрошуваних, з них слабосолонцюваті землі складають 92%, середньосолонцюваті – 5,7%, сильносолонцюваті – 2,2%. Солонців у Херсонській області немає.

Таблиця.

#### Характеристика зрошуваних земель по рівню залягання і мінералізації ґрунтових вод (на 01.01.2013 р.)

Управління зрошувальної системи (УЗС)	Найвність зрошуваних земель, га	В тому числі з рівнем залягання ґрунтових вод					Мінералізація ґрунтових вод (для глибини менше 2 м)				
		від 0 до 1,0 м	від 1,0 до 2,0 м	від 2,0 до 3,0 м	від 3,0 до 4,0 м	більше 5,0 м	менше 1 г/дм <sup>3</sup>	Хлоридного складу		Сульфатного і гідрокарбонатного	
								від 1 до 3 г/дм <sup>3</sup>	більше 3 г/дм <sup>3</sup>	від 1 до 5 г/дм <sup>3</sup>	більше 5 г/дм <sup>3</sup>
Бериславське	21572	0	0	48	1767	19757	0	0	0	0	0
Каховське	61652	4	16	15	507	61110	20	0	0	0	0
Горностаївське	26021	1	9	12	120	25879	10	0	0	0	0
Генічеське	28294	8	245	1184	6488	20369	0	0	71	51	131
Іванівське	22596	7	46	167	212	22164	0	3	46	0	4
Каланчацьке	18080	1764	2011	2356	2446	9503	497	0	0	3199	79
Краснознам'янське	38855	1829	2876	5280	18573	10297	3834	18	116	730	7
Приморське	34341	112	1356	17324	11675	3892	1015	174	20	259	0
Херсонське	30980	0	753	4596	4843	20788	200	468	0	79	6
Чаплинське	50330	13	93	152	1095	48977	55	0	0	39	12
Новотроїцьке	72730	5	266	886	4827	66746	0	0	203	31	37
Інгулецьке	20628	15	1151	5094	7161	7207	736	141	6	277	6
Разом по області	426079	3758	8822	37114	59696	316689	6367	804	462	4665	282

Дослідження на зрошуваних ділянках охоплюють широкий комплекс питань: меліоративна ефективність використання зрошення, їх вплив на врожайність, визначення оптимального режиму зрошення, водно-сольові процеси у ґрунтах.

Особливість еколого-економічного прогнозування використання зрошення полягає в тому, що при упорядкуванні прогнозів повинні враховуватися як тенденції природного розвитку (еволюції) агроландшафтів, так і можливі транс-

формації під впливом господарської діяльності людини.

Щоб знизити ступінь прояву негативних змін на старозрошуваних землях і уникнути їх на реконструйованих територіях, особливо на слабодренуваних і безстокових територіях, до яких відносяться степи Херсонщини, необхідна оптимізація меліоративного режиму зрошуваних земель і розробка кількісних критеріїв стану зрошеного агроландшафту з урахуванням тенденції його розвитку та еволюції.

Проте, незважаючи на достатню вивченість кожного з показників меліоративного режиму і їх допустимих меж, фактичні їх значення у визначені періоди розвитку меліоративного стану можуть виходити за ці межі і виробниче поліпшення одного, або декількох показників меліоративного режиму в даних меліоративних умовах можуть привести, або не привести до поліпшення еколого-меліоративного стану зрошуваних земель сухостепової зони України.

В 2000 р. згідно вимоги Указу про заміну сертифікатів на земельну частку (пай) на державні акти на право приватної власності на землю, були створені реальні умови для впровадження повноцінного ринку землі. Одночасно цей процес викликав деякі меліоративні проблеми. Так, гідромеліоративні системи були запроєктовані та побудовані виходячи з наявного розподілу землі для достатньо крупних господарств (колективних власників). При розподілі один власник отримав земельну ділянку з наявною зрошувальною системою та дренажем, що буде забезпечувати кращі умови господарювання ніж для інших власників. Далі, наприклад, дощувальна машина “Фрегат” в за-

лежності від кількості теліжок обслуговує від 65 до 100 га земель, на яких вирощувалась тільки одна сільськогосподарська культура з однією пожнивною культурою. При поділенні поля на пайові ділянки (площа яких не перевищує 10 га) з послідуочим різноманіттям зрошуваних сільськогосподарських культур, або, навіть, невеличких сівозмін приводить до проблеми прив'язки строків та норм поливів для 5 і більше сільськогосподарських культур з різними біологічними фазами потреби у зрошувальній воді, з нерівномірним розташуванням на полі. Це, разом з існуючими еколого-меліоративними проблемами, які викликані кліматичними та організаційно-технічними негараздами, приводить до зміни сучасної рівноваги агроландшафтів.

Сільськогосподарські товаровиробники різних форм господарювання не несуть належної економічної відповідальності за погіршення водно-меліоративного стану зрошуваних земель. Більш того, вони не почувають себе економічно вимушеними компенсувати заподіяну екологічну шкоду [5]. Всі ці турботи лягають на державу, яка за рахунок інвестицій відновлює порушені ділянки.

Одним із шляхів вирішення цього питання є введення плати за використання водно-земельних ресурсів при зрошенні і за забруднення навколишнього середовища. Поряд з цією мірою важливими були б превентивні економічні заходи, заздалегідь попереджуючи нераціональні дії по відношенню до природних ресурсів зрошення. Суть їх полягає в тому, що товаровиробник, який забруднює навколишнє середовище не має права на прибуток, його діяльність повинна

знаходити економічні бар'єри ще до одержання ним прибутків. З цієї точки зору доцільним було б введення у структуру виробничих витрат нової статті, яку назвемо «компенсація екологічної шкоди». Чим інтенсивніше іде вторгнення в інтереси природи при зрошенні, і виникає небезпека порушення екологічного балансу, тим вищі повинні бути витрати по даній статті, і, навпаки, величина їх може дорівнювати нулю, якщо товаровиробник не піддає негативному впливу навколишнє середовище. Впровадження запропонованої статті в структурі собівартості виконувало б подвійну функцію:

- попереджувало екологічно небажані акції, стимулювало раціональне розміщення і використання поливних земель та водних ресурсів, поступове припинення технологічних напрямків, що функціонують зі шкодою для навколишнього середовища;
- служило джерелом поповнення цільового фонду, з якого здійснюється фінансування природоохоронних заходів на зрошуваних землях.

Включення екологічних витрат в структуру собівартості дозволяє глибше уявити принципи еколого-економічної оцінки процесу природокористування і суть еколого-економічної ефективності зрошення земель.

Система екологічного регулювання природоохоронної діяльності на зрошувальних комплексах в сучасних умовах повинна передбачати як заходи стимулюючого, так і примусового характеру, які обов'язково здійснюються за допомогою законодавчих та нормативних актів.

Введення інституту різних форм власності в сфері природокористування викликало необхідність рефо-

рмування елементів податково-бюджетної системи держави. В ході її реорганізації необхідно перерозподілити економічний рентний ефект природокористування, з урахуванням інтересів і законних прав власників об'єктів природних ресурсів. Слід дати право на самостійне встановлення ставки податків на природокористування суб'єктами регіональної та територіальної власності в межах, що встановленні державним законодавством, та при твердій гарантії з їх боку за додержанням умов екологічної безпеки та розвитку в цих регіонах, територіях, зонах. Одночасно необхідно скасувати елементи односторонніх пільг, що надаються державою окремим регіонам в сфері природокористування.

Різноманітність форм власності на об'єкти природно-ресурсного потенціалу в Україні – це стратегічна умова включення сфери природокористування в область товарно-грошових відносин, демонополізація економіко-екологічних відносин, активне освоєння ринкових механізмів і регуляторів в раціональному використанні природних ресурсів, відновлення їх, охорона природного середовища, комплексне вирішення проблем ресурсно-екологічної безпеки та неухильного соціально-економічного прогресу.

В останні 15-20 років енергетична та економічна криза в поєднанні з екологічними наслідками, суттєво вплинули на стан справ у зрошуваному землеробстві, обумовили недосконалість існуючої тут структури виробництва рослинницької продукції і дають підставу стверджувати, що успішне функціонування та подальший розвиток зрошення, як одного з основних факторів інтенсифікації землеробства в зоні Степу Украї-

ни, буде залежати від наукового обґрунтування та реалізації системи структурних перетворень, основних напрямків у використанні поливних земель.

Разом з тим, сучасне зрошуване землеробство, як галузь, що базується відразу на двох засобах виробництва – землі та воді, являється надзвичайно складним об'єктом щодо структуризації. Його ефективність багато в чому залежить від правильного поєднання можливостей та інтересів сільськогосподарських виробників та водогосподарських організацій. Враховуючи положення, що склалося у водогосподарському комплексі, коли в процесі роздержавлення землі та становлення фермерства з'являється приватний господар, а водогосподарські організації з усією їх інфраструктурою є державними, це поєднання повинно базуватись виключно на економічних інтересах.

Використання великих масивів поливних земель, які не будуть роздрібнюватись, та меліоративної техніки фермерами, на наш погляд, повинно проводитись на правах оренди, бажано довгострокової. При орендизації зрошуваних земель обов'язково повинні оговорюватись такі питання, як збереження родючості ґрунтів, екологічна безпека, дотримання сівозмін. Що стосується розвитку існуючих тут напрямків у використанні зрошуваних земель, або появи нових, то підтримка з боку держави повинна бути тільки тих, в яких вона зацікавлена.

Увесь попередній досвід використання зрошуваних земель в Україні формувався в кардинально відмінній від нинішньої ситуації обстановці: відсутність дефіциту енергетичних, матеріальних та фінансових ресурсів; допомога з боку держави, цілком за-

довільний матеріально-технічний стан водогосподарських організацій, відносна екологічна стабільність та ін. Так, витрати по експлуатації міжгосподарської мережі, що складають 54 %, фінансуються з державного бюджету, оскільки економічний стан сільгоспідприємств та рівень цін роблять неможливим віднесення їх на собівартість продукції. Однак, в останній час об'єми держфінансування почали скорочуватись, що відразу ж відбилось на економіці зрошуваного землеробства. Тенденція до зниження ефективності основних напрямків у використанні зрошуваних земель також пов'язана зі значним зменшенням внесення мінеральних та органічних добрив, засобів захисту рослин, частими зупинками насосних станцій через нестачу електроенергії, моральним та фізичним зносом дощувальних машин, порушенням системи землеробства та технології вирощування культур.

Але основною причиною є державна політика щодо розвитку зрошення в нашому регіоні, яка спрямована на покриття всіх витрат, пов'язаних з іригацією за рахунок місцевих бюджетів та сільськогосподарських виробників. В нинішній ситуації місцеві бюджети неспроможні перекрити витрати на подачу води господарствам, підтримання всієї зрошувальної мережі у нормальному стані, заміну більше ніж 60 % потужних дощувальних машин, тощо.

Сучасний економічний стан та екологічні наслідки функціонування основних зрошуваних масивів в Україні показують, що при визначенні напрямів їх використання та удосконалення явно недостатньо керуватись загальноприйнятими підходами, які базуються, як

правило, на ефективності виробничих показників та далеко не повній економічній оцінці.

Подальша структуризація та оптимізація напрямів використання зрошуваних земель повинна ґрунтуватися виключно на еколого-економічному підході, з урахуванням тенденцій, пов'язаних із зародженням ринкових відносин.

Традиційні економічні показники, якими оперують при визначенні ефективності зрошення, слід розширити такими, як ресурсоемність (водоемність, землеємність) та ресурсовіддача рослинницької продукції, енергоемність і вихід продукції на одиницю умовного палива, та рядом показників екологічного характеру, які не враховуються при екологічній оцінці – техногенність напрямку, ступінь впливу культури на родючість ґрунту (структурність, щільність, водопроникність тощо), якість (екологічна безпечність) продукції, ступінь гербіцидного та пестицидного навантаження.

### Висновки

В сучасних умовах потрібні нові підходи до формування структури сільськогосподарського виробництва на зрошуваних землях. На нашу дум-

### Література

1. Дудов А.С. Проблемы организации эколого-экономической системы регионального АПК. – М.: Росийск.экон.акад., 1991. – 223 с.
2. Благодатний В.І., Ковальчук П.І. Ресурсозберігаюча організація зрошуваного землеробства – К.: Урожай, 1991. – 80 с.
3. Сахаєв В.Г., Шевчук В.Я. Економіка і організація охорони навколишнього середовища: Підручник. – К.: Вища школа., 1995. – 272 с.
4. Морозов В.В., Грановська Л.М., Поляков М.Г. Еколого-меліоративні умови природокористування на зрошуваних ландшафтах України: Навчальний посібник. – Київ-Херсон: Айлант, 2003. – 208с.
5. Жуйков Г.Є. Економічні засади ведення землеробства на зрошуваних землях. – Херсон: Айлант, 2003. – 228 с.

ку тут слід керуватись наступними позиціями:

- біопотенціалом конкретного ґрунто-кліматичного регіону (область, район), що обумовлюється наявністю необхідних природних умов для успішного вирощування тієї чи іншої культури, навіть сорту, з метою одержання високого економічного ефекту;
- економічно обґрунтованою кон'юктурою попиту на продукцію галузі;
- рівнем механізації галузі, можливостями оснащення її перспективними високопродуктивними машинами та механізмами, наявністю робочої сили, трудоемністю існуючих та перспективних технологій виробництва продукції;
- місцезнаходженням ринків збуту;
- вимогами екологічної безпеки регіону.

Організаційно-технологічний блок принципів оптимізації структури використання зрошуваних земель, в першу чергу, повинен орієнтуватися на зниження енергоемності рослинницької продукції, економне (раціональне) та екологічнобезпечне використання земельно-водних ресурсів та скорочення терміну окупності витрат.

## ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ

УДК 502:595:504.062

### СУЧАСНИЙ СТАН ТА НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СТАНДАРТІВ І КЕРІВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Погурельський С.П., Цвілій О.О., Яковенко Л.О.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,  
e-mail: dei2005@ukr.net

Досліджено сучасний стан та напрямки розвитку стандартів і керівних документів екологічного менеджменту. Проаналізовано стандарти і керівні документи під прямою відповідальністю технічного комітету ISO/TC 207 та його підкомітетів. Зроблено систематизований огляд версій міжнародних стандартів і керівних документів з урахуванням відповідних національних. *Ключові слова:* екологічний менеджмент, стандарт, система екологічного управління, комітет, аудит, оцінка відповідності, сертифікація, акредитація.

**Современное состояние и направления развития стандартов и руководящих документов экологического менеджмента.** Исследовано современное состояние и направления развития стандартов и руководящих документов экологического менеджмента. Проанализированы стандарты и руководящие документы под прямой ответственностью технического комитета ISO / TC 207 и его подкомитетов. Сделано систематизированный обзор версий международных стандартов и руководящих документов с учетом соответствующих национальных. *Ключевые слова:* экологический менеджмент, стандарт, система экологического управления, комитет, аудит, оценка соответствия, сертификация, аккредитация.

**Current status and trends of standards and environmental management. Guidance Paper.** The current state and trends of development of standards and guidelines of environmental management. The analysis standards and guidance documents under the direct responsibility of the technical committee ISO / TC 207 and its subcommittees. Made versions systematic review of international standards and guidelines for the appropriate national. *Keywords:* environmental management standards, environmental management committee, audit, conformity assessment, certification, accreditation.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) є однією з найбільших і значущих, що розробляють міжнародні стандарти. Міжнародні стандарти

рти носять добровільний характер і містять актуальні специфікації на продукцію, послуги і передову практику, і сприяють підвищенню ефективності виробництва і активному росту промислового потенціалу. Вони розробляються на основі консенсусу, що позитивно впливає на скорочення бар'єрів у торгівлі.

Членами ISO є національні органи зі стандартизації, які представляють інтереси своєї країни в ISO, а також представляють ISO у своїй країні.

Існує три категорії членства: повноправні члени, члени - кореспонденти, члени – передплатники, які різняться рівнем доступу до електронних ресурсів ISO і ступенем впливу на зміст розроблюваних документів. Це дозволяє враховувати різні потреби і можливості кожного національного органу зі стандартизації. Отже, країни з обмеженими ресурсами або без достатньо розвинутої національної системи стандартизації можуть одержувати актуальну інформацію в галузі міжнародної стандартизації.

Україна є повноправним членом ISO.

Представляє Україну в ISO Департамент технічного регулювання, який є структурним підрозділом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України. Департамент виконує функції формування і реалізації державної політики в сфері технічного регулювання (стандартизація, метрологія, сертифікації, оцінка (підтвердження) відповідності, акредитація органів з оцінки відповідності та управління якістю).

Департамент бере участь у роботі 336 технічних комітетів (ТК) та підкомітетів (ПК) ISO трьох комітетів ISO з розвитку політики.

ISO розробляє такі типи докумен-

тів:

- стандарти ISO (ISO Standards);
- загальнодоступні технічні вимоги (ISO/PAS);
- технічна специфікація (ISO/TS);
- технічні звіти (ISO/TR);
- угоди міжнародного семінару (ISO/IWA);
- керівництва ISO (ISO Guides).

У статті надано систематизований огляд стандартів та керівних документів екологічного менеджменту, що перебувають під прямою відповідальністю технічного комітету ISO/TC 207 «Екологічний менеджмент» (Environmental management) та його підкомітетів ISO/TC 207/SC 1 «Системи екологічного менеджменту» (Environmental management systems), ISO/TC 207/SC 2 «Аудит і відповідні дослідження навколишнього середовища» (Environmental auditing and related environmental investigations), ISO/TC 207/SC 3 «Екологічне маркування» (Environmental labelling), ISO/TC 207/SC 4 (Environmental performance evaluation), ISO/TC 207/SC 5 (Life cycle assessment), ISO/TC 207/SC 7 «Управління парниковими газами і відповідна діяльність» (Greenhouse gas management and related activities).

Серія стандартів ISO 14000 охоплює різні аспекти екологічного менеджменту і надає практичний інструментарій для організацій, які спрямовані на визначення і контроль їх впливу на навколишнє середовище і постійне поліпшення екологічних показників. Наприклад, у стандартах ISO 14001:2004 та ISO 14004:2004 основну увагу приділено системам екологічного управління. В інших стандартах цієї серії акцент зроблений на конкретні екологічні питання

– аналіз життєвого циклу, обмін інформацією, аудит тощо. Усі стандарти періодично переглядаються на предмет актуальності поточним ринковим вимогам.

### 1. Огляд стандартів і керівних документів екологічного менеджменту

ISO сформувала Технічний комітет *ISO/TC 207 «Екологічний менеджмент» (Environmental*

*management)* [4], на який покладено завдання щодо стандартизації в галузі систем екологічного управління (далі - СЕУ) та інструментів на підтримку сталого розвитку. ISO/TC 207 підготував ряд стандартів і керівних документів, що стосуються екологічних питань.

На рис. 1 показано стандарти і керівні документи екологічного менеджменту технічного комітету ISO/TC 207 та його підкомітетів.



Рисунок 1 - Стандарти і керівні документи екологічного менеджменту технічного комітету та його підкомітетів

### Екологічний менеджмент

Під прямою відповідальністю комітету ISO/TC 207 опубліковано основні стандарти та керівництва.

*ISO Guide 64:2008* «Настанови

щодо внесення екологічних вимог до стандартів на продукцію. Загальні положення» (Guide for addressing environmental issues in product standards) на заміну *ISO Guide 64:1997*, який містить рекомендації



щодо врахування екологічних вимог у стандартах на продукцію. Його метою є надання допомоги в розробленні або перегляді положень стандартів на продукцію з метою зниження потенційних негативних впливів на навколишнє середовище на різних етапах життєвого циклу продукту.

В Україні чинний національний стандарт ДСТУ ISO Guide 64:2010 «Настанови щодо врахування екологічних питань у стандартах на продукцію».

**ISO 14050:2009** «Екологічне керування. Словник термінів» (Environmental management. Vocabulary) містить терміни та визначення фундаментальних понять, що використовуються у сфері екологічного управління. Положення цього стандарту корисні для розробників стандартів, особливо для тих, хто займається перекладом, як посібник для забезпечення відповідності та послідовності.

Попередні редакції цього стандарту **ISO 14050:2002**, **ISO 14050:1998**.

В Україні чинний національний стандарт **ДСТУ ISO 14050:2004** (ISO 14050:1998, IDT).

**ISO 14051:2011** «Екологічний менеджмент. Ведення звітності по матеріальних потоках. Загальні принципи» (Environmental management. Material flow cost accounting. General framework) (MFCA) забезпечує загальну основу для створення інформаційної системи менеджменту з обліку вартості матеріальних потоків, яка може бути використана для відстеження і кількісної оцінки вхідних і вихідних матеріальних потоків і запасів всередині організації. Така система допомагає організаціям ідентифікувати практику використання ма-

теріалів та електроенергії, представляти її у вартісному та фізичному вигляді і, таким чином, краще розуміти вплив застосовуваних ними методів використання матеріалів та електроенергії на екологічні та фінансові результати і виявляти можливості для поліпшення. Одержану інформацію використовують для скорочення збитків і збільшення прибутку будь-якої організації незалежно від продукції, послуг, розміру, структури, місця розташування та існуючих систем управління й обліку.

**ISO 14051: 2011** не призначений для цілей сертифікації третьою стороною.

**ISO/TR 14062:2002** «Екологічне керування. Врахування екологічних аспектів під час проектування та розроблення продукції» (Environmental management. Integrating environmental aspects into product design and development) описує концепції та існуючі практики інтегрування екологічних аспектів у проектування і розроблення продукції.

Положення стандарту повинні застосовуватися під час розроблення документів, що встановлюють вимоги до екологічної безпеки продукції, та у всіх публікаціях щодо сфер забезпечення екологічного менеджменту в процесах господарської діяльності.

Цей стандарт не використовують для цілей сертифікації продукції.

В Україні чинний **ДСТУ ISO/TR 14062:2006** «Екологічне керування. Врахування екологічних аспектів під час проектування та розроблення продукції» (ISO/TR 14062:2002, IDT).

**ISO 14063:2006** «Екологічне управління. Обмінювання екологічною інформацією. Настанови та при-

клади» (Environmental management. Environmental communication. Guidelines and examples) надає керівництво для організації щодо загальних принципів, політики, стратегії та діяльності, пов'язаної з внутрішнім і зовнішнім обміном екологічною інформацією.

**ISO 14063:2006** не встановлює технічні характеристики для цілей сертифікації чи реєстрації, а також будь-які вимоги відповідності до СЕУ. Він може бути використаний у поєднанні з будь-яким стандартом серії **ISO 14000** чи самостійно.

В Україні чинний національний стандарт **ДСТУ ISO 14063:2008** Екологічне управління. Обмінювання екологічною інформацією. Настанови та «прикладі» (ISO 14063:2006, IDT).

### Системи екологічного менеджменту

Стандарти серії **ISO 14000** під прямою відповідальністю **ISO/TC 207/SC 1** «Системи екологічного менеджменту» (*Environmental management systems*) [4] надають практичний інструментарій для організацій, які прагнуть визначити і контролювати їх вплив на навколишнє середовище і постійно поліпшувати свої екологічні показники. У стандартах **ISO 14001:2004** та **ISO 14004:2004** основну увагу приділено СЕУ. В інших стандартах цієї серії акцент зроблений на конкретні екологічні аспекти – аналіз життєвого циклу, обмін інформацією та аудит. З цієї серії тільки **ISO 14001** містить вимоги, стосовно яких може бути проведено об'єктивний аудит у цілях сертифікації/реєстрації або самодекларації.

**ISO 14001:2004** «Системи еколо-

гічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування» (Environmental management systems. Requirements with guidance for use) встановлює вимоги до СЕУ, щоб дати змогу організації сформулювати і запровадити екологічну політику та встановити і досягти екологічні цілі. Загальне призначення цього стандарту - сприяти охороні довкілля та запобіганню забрудненню, зважаючи на соціально - економічні потреби. Він стосується тих визначених організацією екологічних аспектів, які вона може контролювати і на які вона може впливати.

Ключовими принципами стандарту, на яких базується СЕУ, є:

- запобігання негативного впливу підприємства на навколишнє середовище;
- послідовного поліпшення результатів екологічної діяльності підприємства;
- відповідності вимогам природоохоронного законодавства та іншим вимогам, з якими організація погодилася.

Стандарт не встановлює конкретних критеріїв екологічних характеристик. Він може бути використаний в будь-якій організації незалежно від виду діяльності або галузі.

Використання **ISO 14001:2004** гарантує керівництву і персоналу організації, а також зовнішнім зацікавленим сторонам, що вплив на навколишнє середовище вимірюється і поліпшується.

- Стандарт підходить для:
- великих транснаціональних організацій;
  - організацій як з високими, так і малими ризиками;
  - виробничих організацій та орга-

нізацій, які надають послуги, включаючи місцеві громади;

- усіх галузевих секторів, включаючи публічні і закриті;

- виробників унікального обладнання та їх постачальників.

Впровадження CEY в малих та середніх організаціях також може бути багатообіцяючим. Легкий у використанні перелік дій для малого бізнесу згідно ISO 14001:2004 допоможе таким організаціям отримати переваги під час впровадження CEY.

Визначення стратегії використання стандарту ISO 14001 здійснюється керівництвом підприємства (компанії), виходячи з можливих економічних та інших переваг і вигод, пов'язаних із запобіганням впливу на навколишнє середовище і екологічним менеджментом, а саме:

- створення та використання кредиту довіри у відносинах з інвесторами, акціонерами, органами місцевої влади і державного екологічного контролю, населенням, екологічною громадськістю;

- підвищення конкурентоспроможності виробленої продукції та послуг;

- підвищення ефективності маркетингу та реклами;

- взаємовигідний розвиток відносин з діловими партнерами та зміцнення позицій підприємства на міжнародних товарних ринках;

- створення сприятливого іміджу підприємства, заснованого на екологічній відповідальності;

- поява підстав для одержання переваг і пільг під час інвестицій;

- використання переваг територіального та національного екологічного лідерства;

- членство в міжнародних еколо-

гічних спілках підприємців, а також інших асоціаціях і організаціях, співпраця з якими зміцнила б позиції підприємства;

- зменшення затрат за рахунок зниження природоохоронних платежів,

- зменшення кількості відходів, економія енергії та ресурсів завдяки більш ефективному управлінню ними;

- покращення стану робочих місць, виробничих майданчиків, зниження екологічних ризиків для персоналу;

- зниження ризиків виникнення аварійних ситуацій і зменшення масштабів наслідків у разі їх виникнення;

- зменшення кількості і масштабу аварій (нештатних ситуацій) і витрат на ліквідацію їх екологічних наслідків тощо.

Стандарт ISO 14001:2004 призначений для сертифікації CEY в органах оцінки відповідності (далі – ООВ). Для визнання сертифіката за межами країни, національний ООВ, який здійснює сертифікацію CEY, повинен бути акредитованим національним органом з акредитації. З 2002 року таким органом є Національне агентство з акредитації України (НААУ). НААУ надані державні ексклюзивні повноваження на акредитацію ООВ та проведення моніторингу за відповідністю акредитованих ним ООВ вимогам акредитації [5]. Нині реєстр НААУ налічує 39 ООВ, що акредитовані згідно стандарту *ISO/IEC 17021:2011* «Оцінка відповідності. Вимоги до органів, що здійснюють аудит і сертифікацію систем менеджменту» (Conformity assessment - Requirements for bodies

providing audit and certification of management systems) щодо компетентності здійснювати сертифікацію CEY відповідно до стандарту ISO 14001:2004.

Сертифікована CEY є гарантією того, що вона правильно і ефективно впроваджена у сферу діяльності організації. Система екологічного управління – це частина системи управління організації, яку використовують, щоб розробити та запровадити її екологічну політику та керувати її екологічними аспектами [1, 2].

Важливо, що стандарт ISO 14001:2004 системно та структурно узгоджено зі стандартом ISO 9001:2012 для підтримання послідовного та комплексного впровадження і функціонування разом з іншими пов'язаними стандартами загальних систем управління.

Наразі стандарт ISO 14001 переглядається і в статусі проекту міжнародного стандарту (Draft International Standard - DIS). Етап DIS означає, що нова редакція проекту стандарту доступна для публічних коментарів, а також для придбання, що дає можливість не тільки ознайомитися із змінами, а й підготуватися до остаточної редакції стандарту, публікація якої запланована на кінець 2015 року.

Основні зміни нової редакції полягають у більшій орієнтації на управління ризиками і на тенденції щодо поліпшення безпосередніх екологічних показників, а не системи управління.

В Україні чинний національний стандарт *ДСТУ ISO 14001:2006* «Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2004, IDT)».

Організаціям, що потребують

більш загальних настанов з широкого спектра питань, пов'язаних із системою екологічного управління, треба звертатися до ISO 14004:2004.

*ISO 14004:2004* «Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення» (Environmental management systems . General guidelines on principles, systems and support techniques) містить настанови щодо розроблення, запровадження, підтримування та поліпшування системи екологічного управління, а також забезпечує її узгодження з іншими системами управління. Стандарт містить ілюстративні приклади, описи та варіанти вибору, які допомагають організаціям у запровадженні CEY і посиленні її ролі у загальному керуванні організацією. Під час розроблення та запровадження або поліпшування CEY організаціям треба вибрати підходи, які відповідають їхнім умовам. Хоча рекомендації в ISO 14004:2004 узгоджуються з моделлю CEY за ISO 14001:2004, вони не призначені для забезпечення інтерпретації вимог ISO 14001:2004. Головна призначеність цього стандарту – надати допомогу організаціям, які мають намір запровадити або поліпшити систему екологічного управління і завдяки цьому покращити свої екологічні характеристики. Цей стандарт відповідає концепції сталого розвитку і сумісний з різними культурними, соціальними й організаційними структурами та системами управління.

Керівні принципи в ISO 14004:2004 застосовні до будь-якої організації незалежно від її розміру, типу, місця розташування чи рівня зрілості.

В Україні є чинним національний стандарт *ДСТУ ISO 14004:2006* «Системи екологічного управління. Зага-

льні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення» (ISO 14004:2004, IDT).

**ISO 14005:2010** «Системи управління навколишнього середовища. Керівні вказівки для поетапного впровадження системи управління навколишнього середовища, включаючи оцінку екологічної характеристики» (Environmental management systems - Guidelines for the phased implementation of an environmental management system, including the use of environmental performance evaluation), який призначений, зокрема, для впровадження CEU організаціями малого та середнього бізнесу.

Організація може вибрати системний підхід до управління своїми екологічними аспектами, починаючи від вирішення окремої проблеми чи отримання вигоди з конкретних можливостей екологічного менеджменту і закінчуючи впровадження CEU, яка дозволяє управляти всім спектром екологічних аспектів, тобто повністю відповідає вимогам стандарту ISO 14001. Цей стандарт надає нормативно-методичну допомогу всім організаціям незалежно від їх рівня розвитку, сфери діяльності та місця розташування та, особливо, малим та середнім щодо поетапного розроблення, впровадження, експлуатації та вдосконалення CEU, яка може розширювати масштаб та область застосування CEU до повної відповідності вимогам стандарту ISO 14001. Поетапний підхід надає переваги, оскільки організація може самостійно на кожному етапі впровадження CEU оцінити наскільки успішно час та фінанси, вкладені в створення CEU, забезпечують прибуток та впевнитися в тому, що покращення в сфері екології

сприяють зменшенню затрат, поліпшенню зв'язку з громадськістю, підтримують організацію під час демонстрації її відповідності законодавчим чи іншим вимогам.

Стандарт також містить рекомендації щодо інтегрування та використання екологічних методів оцінювання продуктивності. Вимоги стандарту не виходять за межі застосування ISO 14001, за винятком методу оцінювання екологічної результативності, та не призначені для застосування з метою сертифікації та інтерпретації положень ISO 14001.

**ISO 14006:2011** «Системи екологічного управління. Наставови щодо запровадження екологічного проектування» (Environmental management systems. Guidelines for incorporating ecodesign) призначений для зниження негативного впливу продукції та послуг організацій на навколишнє середовище.

Екопроекування – це процес впровадження екологічних аспектів під час проектування і розроблення продукції, спрямований на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та безперервне покращення екологічних характеристик продукції протягом усього життєвого циклу.

Стандарт надає настанови для виробничих та сервісних організацій щодо створення, документування, впровадження, підтримання та безперервного покращення процесів управління екопроекуванням як частиною CEU. Він застосовується до усіх екологічних аспектів продукції чи послуг організації, на які вона може впливати або якими вона може керувати. Також положення стандарту можуть застосовуватися під час

включення процесів екопроекування та розроблення продукції до складу інших систем управління.

Цей стандарт не встановлює сам по собі конкретні критерії екологічної ефективності і не призначений для цілей сертифікації.

Впровадження екопроекування дає ряд переваг:

- економічні вигоди, підвищення конкурентоспроможності, скорочення витрат, залучення фінансів та інвестицій;
- стимулювання інновацій і творчого підходу, виявлення нових бізнес-моделей;
- скорочення фінансових зобов'язань за рахунок зниження впливу на навколишнє середовище і поліпшення інформування про продукцію;
- покращення суспільного іміджу;
- підвищення мотивації співробітників.

В Україні чинний **ДСТУ ISO 14006:2013** Системи екологічного управління. Наставови щодо запровадження екологічного проектування (ISO 14006:2011, IDT).

#### Аудит і відповідні дослідження навколишнього середовища

У 2002 році стандарти **ISO 14010:1996, ISO 14011:1996 та ISO 14012:1996** під прямою відповідальністю **ISO/TC 207/SC 2 «Аудит і відповідні дослідження навколишнього середовища» (Environmental auditing and related environmental investigations)** [4], які надавали керівні вказівки з екологічного аудиту, було замінено стандартом **ISO 19011:2002**. У 2011 році прийнята нова редакція цього стандарту **ISO**

**19011:2011** «Наставови щодо здійснення аудитів систем управління» (Guidelines for auditing management systems) під прямою відповідальністю **ISO/TC 176/SC 3 «Supporting technologies»** [4].

ISO 19011: 2011 дає настанови щодо аудиту систем управління, у тому числі принципів аудиту, керування програмою аудиту та проведення аудитів систем управління, а також керівництва з оцінювання компетентності осіб, що беруть участь у процесі аудиту.

Стандарт призначений для застосування широким колом потенційних користувачів, включаючи аудиторів, організацій, які впроваджують системи управління, організацій, які потребують проведення аудитів систем управління за контрактними умовами, та організацій, діяльність яких пов'язана з сертифікацією або підготовкою аудиторів, сертифікацією/реєстрацією систем управління, акредитацією або стандартизацією у сфері оцінювання відповідності. Цей стандарт застосовний для проведення всіх видів аудиту, за умов наявності у аудиторів відповідної специфічної компетентності.

Користувачі можуть застосовувати стандарт також для розроблення своїх власних вимог, пов'язаних з аудитом. Окрім того, викладені в цьому стандарті настанови можуть бути корисними для будь-якої особи чи організації, які певним чином зацікавлені у здійсненні моніторингу відповідності вимогам, наприклад, технічним умовам на продукцію або законам та регламентам [3].

В Україні чинний національний стандарт **ДСТУ ISO 19011:2012** «Наставови щодо здійснення аудитів си-

стем управління» (ISO 19011:2011, IDT).

Під пряму відповідальністю *ISO/TC 207/SC 2* прийнятий стандарт *ISO 14015:2001* «Екологічне управління. Екологічна оцінка ділянок та організацій» (Environmental management. Environmental assessment of sites and organizations (EASO)).

Під час процесу придбання ділянки, або позбавлення прав на майно неспроможного боржника, або широкого процесу оцінювання бізнесу складовою частиною може бути ідентифікація екологічних проблем, пов'язаних з ділянками, на яких розташовані організації, та з їх діяльністю. Дослідження даних проблем і пов'язаних з ними наслідків для бізнесу можуть бути проведені шляхом екологічної оцінки ділянок та організацій (ЕОУО).

Даний стандарт встановлює основні вимоги до проведення ЕОУО і є основою для структурованого, узгодженого, прозорого та об'єктивного підходу до проведення ЕОУО. Положення цього стандарту можуть бути використані організацією під час проведення як власної, так і зовнішньої оцінки, із залученням або без залучення третьої сторони. Очікується, що користувачами даного стандарту будуть представники промисловості, колишні, теперішні або можливі користувачі певних ділянок та організацій, що мають фінансові інтереси в промисловості або щодо певних ділянок (наприклад, банки, страхові компанії, інвестори і власники майданчиків).

Висновки ЕОУО повинні підтверджуватися об'єктивними даними. Ін-

формація для проведення ЕОУО може бути отримана з таких джерел, як результати аудитів СЕУ, аудитів відповідності регламентам, оцінювання екологічних впливів та екологічних характеристик або досліджень ділянок. Деякі з цих оцінювань або досліджень можуть бути проведені з використанням інших стандартів ІСО (наприклад, ІСО 14001, ІСО 14011 або ІСО 14031). За відсутності підтвердженої інформації експерти ЕОУО повинні отримати юридичний висновок про оцінку наявної екологічної інформації.

Стандарт також встановлює ролі та обов'язки учасників оцінювання (клієнтів, експертів і представників об'єктів екологічної оцінки), етапи процесу оцінювання (планування, збирання, оцінювання і підтвердження інформації).

Цей стандарт не поширюється на проведення інших видів екологічної оцінки:

- первинна екологічна перевірка;
- екологічний аудит (включаючи проведення заходів з охорони і раціонального використання ресурсів, аудити відповідності регламентам);
- оцінювання екологічних впливів або
- оцінювання екологічних характеристик.

Стандарт не встановлює керівництва з проведення досліджень або відновлення ділянок, не застосовується з метою сертифікації чи реєстрації та встановлення вимог для розроблення заходів з охорони та раціонального використання ресурсів.

В Україні є чинним національний стандарт *ДСТУ ISO 14015:2005* «Екологічне управління. Екологічне оцінювання ділянок та організацій».

(ISO 14015:2001, IDT).

### Екологічне маркування

Під пряму відповідальністю *ISO/TC 207/SC 3* «Екологічне маркування» (*Environmental labelling*) [4] прийнято стандарти серії ISO 14000:

*ISO 14020:2000* «Екологічні маркування та декларації. Загальні принципи» (Environmental labels and declarations. General principles) установлює принципи, якими слід керуватися у розробленні та використанні екологічних маркувань та декларацій. Загальна мета таких маркувань та декларацій полягає у наданні перевіреної точної та правдивої інформації про екологічні аспекти виробів та послуг, для сприяння розширенню попиту та постачання тих виробів та послуг, які чинять менший тиск на навколишнє середовище, і таким чином стимулювати використання потенціалу для ринково обумовленого постійного поліпшення екологічних характеристик.

Передбачається, що цей стандарт використовуватиметься спільно з іншими застосовуваними стандартами ISO серії 14020.

Цей стандарт не призначений для використання з метою сертифікації та реєстрації

В Україні чинний ДСТУ ISO 14020:2003 «Екологічні маркування та декларації. Загальні принципи» (ISO 14020:2000, IDT).

*ISO 14021:1999* «Екологічні маркування та декларації. Екологічні самодекларації (Екологічне маркування типу II)» (Environmental labels and declarations. Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling) установлює

вимоги до екологічних самодекларацій у вигляді формулювань, символів або зображень стосовно продукції. Поряд з цим він містить пояснення до окремих загальноприйнятих термінів, використовуваних в екологічних твердженнях, а також визначає кваліфікаційні критерії їх використання. Цей стандарт також описує загальну методологію оцінювання та перевірки екологічних самодекларацій, а також конкретні методи оцінювання та перевірки деяких тверджень, поданих у цьому стандарті. Цей стандарт не спростовує та не змінює законодавчо встановлені вимоги щодо екологічної інформації, тверджень чи екологічного маркування або будь-які інші застосовні законодавчі вимоги.

У 2011 році була прийнята технічна поправка до цього стандарту (*ISO 14021:1999/Amd 1:2011*).

Нині у стадії розроблення знаходиться нова редакція цього стандарту (*ISO/DIS 14021*).

В Україні чинний ДСТУ ISO 14021-2002 «Екологічні маркування та декларації. Екологічні самодекларації (Екологічне маркування типу II)» (ISO 14021:1999, IDT).

*ISO 14024:1999* «Екологічні маркування та декларації. Екологічне етикетування типу I. Принципи та процедури» (Environmental labels and declarations. Type I environmental labelling.- Principles and procedures) установлює принципи та методи, застосовні для розроблення програм екологічного маркування типу I, включаючи вибір категорій продукції, екологічних критеріїв продукції і функціональних характеристик продукції, а також для оцінювання та демонстрування відповідності. Завданням цього стандарту є забезпечення прозорості та довіри до

впровадження програм екологічного маркування типу I, а також гармонізація принципів та методів, застосованих до цих програм.

Стандарт відноситься до добровільної багатокритеріальної програми третьої сторони, згідно з якою видається ліцензія на право використання екологічних маркувань для своїх виробів чи послуг за правилами програми екологічного маркування, що свідчить про загальну екологічну перевагу продукції в рамках певної групи.

Цей стандарт також установлює процедури сертифікації для присвоєння цього маркування.

В Україні чинний ДСТУ ISO 14024-2002 «Екологічні маркування та декларації. Екологічне маркування типу I. Принципи та методи» (ISO 14024:1999, IDT).

**ISO 14025:2006** «Екологічні маркування та декларації. Екологічні декларації типу III. Принципи та процедури» (Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures) ідентифікує та описує елементи та питання, що стосуються екологічних декларацій типу III та відповідних програм, включаючи технічні міркування, оформлення та розповсюдження декларацій, а також адміністративні міркування щодо розроблення та/чи випуску екологічної декларації.

Екологічна декларація типу III - це виражена кількісно інформація про екологічний вплив продукції протягом її життєвого циклу, яка надається постачальником за результатами незалежної перевірки (наприклад, третьою стороною). Екологічні дані встановлюються кількісно відповідно до заздалегідь встановлених параметрів, що засновані на стандар-

тах серії ISO 14000 (зокрема, ISO 14040). Стандарт встановлює принципи використання екологічної інформації на додаток до тих, що наведено в ISO 14020:2000.

В Україні чинний національний стандарт ДСТУ ISO 14025:2008 «Екологічні маркування та декларації. Екологічні декларації типу III. Принципи та процедури» (ISO 14025:2006, IDT).

### Оцінювання характеристик навколишнього середовища

Стандарти серії ISO 14000 під прямою відповідальністю ISO/TC 207/SC 4 «Оцінювання характеристик навколишнього середовища» (Environmental performance evaluation) [4] надають керівні вказівки щодо оцінювання екологічної ефективності.

**ISO 14031:2013** «Екологічне керування. Оцінювання екологічної ефективності. Керівні вказівки» (Environmental management. Environmental performance evaluation. Guidelines) надає рекомендації з розроблення та використання оцінки екологічних показників у рамках організації незалежно від її типу, розміру, місця розташування і складності. Такі рекомендації можуть бути використані для підтримки власного підходу організації до оцінювання екологічних показників, у тому числі своїх зобов'язань відповідно до правових та інших вимог, запобігання забруднення та безперервного вдосконалення. Цей стандарт не встановлює рівні екологічних показників.

В Україні є чинним національний стандарт ДСТУ ISO 14031:2004 «Екологічне керування. Настанови

щодо оцінювання екологічної характеристики (ISO 14031:1999, IDT)».

**ISO/TR 14032:1999** «Екологічне керування. Приклади оцінювання екологічної характеристики» (Environmental management. Examples of environmental performance evaluation (EPE) - це технічний звіт, що надає приклади від простих до складних з реальної діяльності організацій в області оцінювання екологічної характеристики (OEX), які могли б допомогти організаціям, особливо малим і середнім, показуючи, як можна застосовувати OEX та дає змогу зрозуміти, який внесок можуть внести підприємства та організації в охорону навколишнього середовища і як можна провести оцінювання такого впливу. Наведені приклади відображають процес OEX, описаний в міжнародному стандарті ISO 14031:1999. Вони не є повними щодо екологічних аспектів, критеріїв екологічної ефективності або числа і типів обраних показників, оскільки ґрунтуються на результатах, отриманих кожною організацією відповідно до конкретних умов її діяльності.

В Україні чинний національний стандарт ДСТУ ISO/TR 14032:2004 «Екологічне керування. Приклади оцінювання екологічної характеристики» (ISO/TR 14032:1999, IDT).

**ISO/TS 14033:2012** «Екологічний менеджмент. Інформація про кількісні методи дослідження навколишнього середовища. Керівні вказівки та приклади» (Environmental management. Quantitative environmental information. Guidelines and examples) підтримує застосування норм і вимог з охорони навколишнього середовища та забезпечує

керівні принципи та методологію визначення, збирання, оброблення, інтерпретації та подання кількісної інформації про навколишнє середовище. Дана технічна специфікація надає керівні принципи, як встановити точність, надійність, перевірити та використовувати таку інформацію для внутрішніх та/або зовнішніх цілей. Такими цілями можуть бути, наприклад, створення системи інвентаризації та підтримки прийняття рішень, пов'язаних з екологічною політикою та стратегією.

Цей стандарт доповнює зміст інших міжнародних стандартів з екологічного управління.

У стадії розроблення знаходиться ISO/CD 14034 «Екологічний менеджмент. Екологічна технологічна перевірка та оцінка ефективності» («Environmental management. Environmental technology verification (ETV) and performance evaluation»).

### Оцінювання життєвого циклу

Стандарти серії ISO 14000 під прямою відповідальністю ISO/TC 207/SC 5 «Оцінювання життєвого циклу» (Life cycle assessment) [4] містить принципи, вимоги та керівні вказівки щодо оцінки життєвого циклу (ОЖЦ) та екологічної ефективності систем продуктів.

**ISO 14040:2006** «Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура» (Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework) описує загальну структуру, принципи і вимоги до проведення досліджень ОЖЦ, критичного огляду та звітування про нього. ОЖЦ у межах визначених мети та сфери застосування має охоплювати аналіз інвентариза-

ції, оцінку впливу та інтерпретацію результатів.

Не існує єдиного методу проведення дослідження ОЖЦ, тому стандарт не описує детально технічні прийоми ОЖЦ та не пропонує методологію для індивідуальних стадій ОЖЦ. Під час практичного впровадження ОЖЦ організація повинна враховувати конкретні умови застосування та вимоги користувача.

Цей стандарт не призначений для контрактних або регулятивних цілей, а також для реєстрації або сертифікації.

В Україні чинний національний стандарт **ДСТУ ISO 14040:2013** «Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура» (ISO 14040:2006, IDT)

**ISO 14044:2006** «Екологічний менеджмент. Оцінювання життєвого циклу. Вимоги та керівні вказівки» (Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines) встановлює вимоги та надає рекомендації з ОЖЦ, в тому числі щодо дослідження за допомогою ОЖЦ, звітності, критичного аналізу та обмеження ОЖЦ, взаємозв'язку між фазами ОЖЦ та умовами використання кількісних значень і додаткових елементів. У додатках наведено форми листів прикладів, інтерпретації життєвого циклу.

Дослідження, що проводять з використанням ОЖЦ та ІАЖЦ, включає чотири стадії: визначення мети та сфери застосування ОЖЦ, інвентаризаційний аналіз життєвого циклу (ІАЖЦ), оцінка впливу життєвого циклу (ОВЖЦ) та інтерпретація життєвого циклу.

В Україні чинний національний стандарт **ISO ДСТУ ISO 14044:2013** Екологічне управління. Оцінювання

життєвого циклу. Вимоги та настанови (ISO 14044:2006, IDT).

**14045:2012** «Екологічний менеджмент. Оцінювання екологічної ефективності систем продуктів. Принципи, вимоги та настанови» (Environmental management. Ecoefficiency assessment of product systems. Principles, requirements and guidelines) описує загальні методологічні принципи, вимоги та рекомендації щодо оцінювання екологічної ефективності продукції (ОЕЕ). Екологічна ефективність - аспект сталого розвитку, який визначає відношення цінності продукції до екологічних показників протягом життєвого циклу. В умовах зростання економіки ОЕЕ є необхідним інструментом зниження сумарного впливу на навколишнє середовище. Стандарт встановлює чітку термінологію та принципи ОЕЕ, містить рекомендації щодо практичного застосування ОЕЕ для широкого спектра систем продукції, надає настанови щодо інтерпретації результатів ОЕЕ (включаючи забезпечення якості) та забезпечення прозорості та точності інформаційної звітності за результатами ОЕЕ. Положення стандарту не відносяться до конкретних категорій екологічного впливу на навколишнє середовище, фактичне використання результатів виходить за межі даного стандарту. Застосовуючи стандарт ISO 14045, користувачі можуть одночасно розглядати показники екологічної, ділової та економічної стабільності своєї продукції і систем продукції.

У 2014 році прийнятий стандарт **ISO 14046:2014** «Екологічний менеджмент. Водний слід. Принципи, вимоги та настанови» ( Environmental management - Water footprint -

Principles, requirements and guidelines). Водний слід - це величина, що надає кількісну інформацію про потенційні екологічні наслідки, пов'язані з використанням води. Стандарт встановлює принципи, вимоги і дає настанови щодо оцінювання водного сліду продукції, процесів та організацій, заснованого на ОЖЦ відповідно до ISO 14044, в тому числі вимоги до проведення та формування відповідної звітності.

Стандарт буде корисний організаціям всіх типів під час:

- виявлення можливостей для скорочення потенційних екологічних наслідків, пов'язаних з водою, на різних етапах життєвого циклу їх продукції, а також в процесах та організаціях;

- стратегічного управління ризиками, пов'язаними з водою;

- забезпечення ефективності використання водних ресурсів та оптимізації управління водними ресурсами при виробництві продукції, в процесах і на різних організаційних рівнях;

- інформування осіб, які приймають рішення на рівні урядових або неурядових організацій, про потенційні впливи на навколишнє середовище, пов'язаних з водою (наприклад, для цілей стратегічного планування, визначення пріоритетів, рішень про інвестування тощо);

- одержання науково обґрунтованих і достовірних даних для складання звітності про водний слід з можливістю аналізу тенденцій;

- надання послідовної та достовірної інформації на основі наукових даних для формування звітності про результати оцінки водного сліду.

Водночас потрібно враховувати, що оцінювання водного сліду відображає лише частину впливів на на-

вколишнє середовище, пов'язаних з виробництвом продукції, функціонуванням окремих виробничих процесів та організації в цілому.

**ISO/TR 14047:2012** «Екологічний менеджмент. Оцінювання впливів життєвого циклу. Приклади застосування ISO 14042 до ситуацій оцінювання впливів на життєвий цикл» (Environmental management. Life cycle assessment. Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations). Метою цього технічного звіту є надання прикладів, що ілюструють сформовану практику оцінювання впливу життєвого циклу відповідно до вимог ISO 14044:2006. Ці приклади є лише зразком усіх можливих, які могли б задовольнити положення ISO 14044:2006. Вони відображають ключові елементи оцінювання життєвого циклу (ОВЖЦ та фази ОЦЖ). Приклади, наведені в ISO/TR 14047:2012, не є всеохоплюючими, адже існують інші приклади, щоб проілюструвати описані методологічні проблеми.

В Україні чинний національний стандарт **ДСТУ ISO/TR 14047:2007** Екологічне управління. Оцінювання впливів у процесі життєвого циклу. Приклади застосування ISO 14042 (ISO/TR 14047:2003, IDT).

**ISO/TS 14048:2002** «Екологічний менеджмент. Оцінювання життєвого циклу. Формат документації даних» (Environmental management. Life cycle assessment. Data documentation format). Ця технічна специфікація містить вимоги до структурування відповідної інформації даних ОЦЖ (структуру формування збирання, документування, звітування отриманих даних ОЖЦ), вимоги до розрахунку і якості таких даних. Дотримання вимог стандарту забезпе-

чить прозорість та однозначність документації, яка буде використовуватися для обміну даними оцінювання життєвого циклу (ОЖЦ) та інвентаризаційного аналізування життєвого циклу (ІАЖЦ).

Технічна специфікація застосовується як до специфікації і структурування анкетних форм та інформаційних систем, так і до інших аспектів управління навколишнім середовищем.

ISO/TS 14048:2002 не містить вимоги щодо повноти документації даних. Формат документації даних не залежить від будь-якого програмного забезпечення або платформи бази даних для реалізації.

Технічна специфікація не вимагає жодних специфічних, послідовних, графічних або процесуальних рішень для презентації або оброблення даних, а також не описує конкретні методології моделювання для даних інтерпретації та оцінювання життєвого циклу.

В Україні чинний національний стандарт ДСТУ-П ISO/TS 14048:2013 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Формат документування даних (ISO/TS 14048:2002, IDT).

У технічному звіті **ISO/TR 14049:2012** «Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Приклади використання ISO 14041 для визначення цілей і сфери застосування та аналізування інвентаризації» (Environmental management. Life cycle assessment. Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis) наводяться приклади проведення інвентаризаційного аналізу життєвого циклу (ІАЖЦ) як засобу виконання певних положень ISO 14044:2006. Ці приклади є зразком можливих випадків, що задовольняють положення ISO 14044, та ві-

дображають лише частину повного дослідження життєвого циклу.

В Україні чинний національний стандарт ДСТУ ISO/TR 14049:2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Приклади використання ISO 14041 для визначення цілі і сфери застосування та аналізування інвентаризації (ISO/TR 14049:2000, IDT).

У 2014 році прийнята технічна специфікація **ISO/TS 14071:2014** «Екологічний менеджмент. Оцінювання життєвого циклу. Процедури проведення критичного аналізування і компетенція спеціалістів. Додаткові вимоги і настанови до ISO 14044:2006 (Environmental management. Life cycle assessment. Critical review processes and reviewer competencies: Additional requirements and guidelines to ISO 14044:2006). У зв'язку зі зростанням використання ОЖЦ ця технічна специфікація надає додаткові рекомендації з використання ISO 14040:2006 та визначає вимоги до проведення критичного аналізу на більш комплексній основі. Також встановлюються вимоги до необхідних професійних навичок спеціалістів, які проводять критичне аналізування будь-якого типу життєвого циклу продукції, щоб підвищити надійність результатів досліджень та довіру до них.

У стадії розроблення під прямою відповідальністю ISO/TC 207/SC 5 знаходяться також **ISO/DTS 14072** «Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines for organizational life cycle assessment» та **ISO/AWI TR 14073** «Environmental management. Water footprint. Illustrative examples on how to apply ISO 14046».

### Менеджмент парниковими газами і відповідна діяльність

Під прямою **відповідальністю ISO/TC 207/SC 7 «Менеджмент парникових газів відповідна діяльність» (Greenhouse gas management and related activities)** [4] прийняті такі стандарти та керівні документи.

**ISO 14064-1:2006** «Парникові гази. Частина 1: Вимоги та настанови щодо кількісного визначення та звітності про викиди та видалення парникових газів на рівні організації» (Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals) визначає основні принципи і вимоги на рівні організації щодо кількісного визначення та звітності за викидами і видаленню парникових газів (далі – ПГ). Стандарт включає в себе вимоги до розроблення, розвитку, управління, звітності та верифікації реєстра ПГ в організації. Стандарт не поширюється на розроблення програм чи проектів у сфері ПГ.

У стадії розроблення знаходиться нова версія цього стандарту (**ISO/NP 14064-1**).

**ISO 14064-2:2006** «Парникові гази. Частина 2: Вимоги та настанови щодо кількісної оцінки, моніторингу та складання звітної документації на проекти скорочення викидів парникових газів або збільшення їхнього поглинання на рівні проекту» (Greenhouse gases. Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements) встановлює принципи та вимоги, а також надає рекомендації на рівні проектів щодо проведення кількісного оці-

нювання, моніторингу та складання документації щодо заходів, спрямованих на скорочення викидів ПГ та/або збільшення їх видалення. Стандарт встановлює вимоги до планування проектів щодо ПГ, ідентифікації та вибору джерел їх викидів, поглинання і накопичування, що мають відношення до проекту і базового сценарію, моніторингу, кількісної оцінки, документування та звітності за результативністю проекту щодо ПГ та управління якістю даних.

У стадії розроблення знаходиться нова версія цього стандарту (**ISO/NP 14064-2**).

**ISO 14064-3:2006** «Парникові гази. Частина 3: Вимоги та настанови щодо валідації та верифікації тверджень, що стосуються парникових газів» (англ. Greenhouse gases - Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions) встановлює принципи і вимоги, а також рекомендації з проведення або управління процедурами валідації та/або верифікації тверджень щодо ПГ, а також до вибору експертів.

У стадії розроблення знаходиться нова версія цього стандарту (**ISO/NP 14064-3**).

**ISO 14065:2013** «Парникові гази. Вимоги до органів з валідації та верифікації стосовно парникових газів для їхнього застосування в разі акредитації чи інших форм визнання» (Greenhouse gases. Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition) встановлює принципи і специфічні вимоги, що відображають ці принципи, до органів, які здійснюють валідацію і верифікацію викидів ПГ із застосуванням стандарту

ISO 14064-3:2006 або інших відповідних стандартів [6].

У стадії розроблення знаходяться проекти національних стандартів ДСТУ ISO 14064-1, ДСТУ ISO 14064-2, ДСТУ ISO 14064-3, ДСТУ ISO 14065 [7].

**ISO 14066:2011** «Парникові гази. Вимоги до компетентності груп з валідації та верифікації парникових газів» (Greenhouse gases. Competence requirements for greenhouse gas validation teams and verification teams) встановлює вимоги до компетентності персоналу, що виконує різні операції з валідації або верифікації у призначених командах. Стандарт призначений для забезпечення узгодженості на глобальному вуглецевому ринку та довіри громадськості до звітності та іншої інформації про емісію ПГ [6].

Технічна специфікація **ISO/TS 14067:2013** «Парникові гази. Вуглецевий слід продукту. Вимоги та настанови з визначення кількості та обміну даними» (Greenhouse gases. Carbon footprint of products. Requirements and

guidelines for quantification and communication) розроблена у двох частинах: ISO/WD 14067-1 Вуглецевий слід продукту. Частина 1: Кількісне визначення (ISO/WD 14067-1 Carbon footprint of products. Part 1: Quantification) та ISO/WD 14067-2 Вуглецевий слід продукту. Частина 2: Зв'язок (Carbon footprint of products. Part 2: Communication). Специфікація встановлює принципи, вимоги та керівні рекомендації для кількісної оцінки вуглецевого сліду продукту та інформування про отримані результати споживачів та інших зацікавлених осіб.

Технічний звіт **ISO/TR 14069:2013** «Парникові гази. Визначення кількості і звітність про викиди для організацій. Настанови з застосування» (Greenhouse gases - Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations - Guidance for the application of ISO 14064-1) описує принципи, концепції і методи, пов'язані з визначенням кількості і звітності про викиди прямих і непрямих ПГ для організації.

## Література

1. ДСТУ ISO 14001:2006 «Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування».
2. ДСТУ ISO 14004:2006 «Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення».
3. ДСТУ ISO 19011:2012 «Настанови щодо здійснення аудитів систем управління».
4. International Organization for Standardization [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.iso.org/iso/home.html> (21.11.2014).
5. Національне агентство з акредитації України [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://naau.org.ua> (21.11.2014).
6. Інформаційне забезпечення у сфері технічного регулювання ДП "Укрметртестстандарт" [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.csm.kiev.ua/> (21.11.2014).
7. Український науково-дослідний навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості ДП "УкрНДНЦ" [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.ukrndnc/org.ua/> (21.11.2014).

УДК 502/504:621.4

## ЕНЕРГОЗБАЛАНСОВАНИЙ РОЗВИТОК АВТОТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРУ – ШЛЯХ ДО СТАЛОГО МАЙБУТНЬОГО КРАЇНИ

Кофанова О. В.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Україна, м. Київ-56, проспект Перемоги, 37, [alexina555@gmail.com](mailto:alexina555@gmail.com)

Розглянуто глобальну проблему впливу парникових газів автотранспортними засобами на навколишнє природне середовище та зміну клімату на планеті традиційні та перспективні способи підвищення екологічності автотранспортних засобів. Обґрунтовано застосування способу цілеспрямованого впливу на властивості моторного палива як перспективного напрямку досліджень у сфері зниження рівня токсичності відпрацьованих газів автомобілів. *Ключові слова:* автомобільний транспорт, відпрацьовані гази, викиди, парникові гази, моторне паливо, поллютант атмосфери

**Энергобалансированное развитие автотранспортного сектора – путь к устойчивому будущему страны.** Кофанова Елена Викторовна. Рассмотрена глобальная проблема влияния парниковых газов автотранспортными средствами на окружающую природную среду, и изменение климата на планете, традиционные и перспективные способы повышения экологичности автотранспортных средств. Обосновано использование метода целенаправленного влияния на свойства моторного топлива как перспективного направления исследований в сфере снижения уровня токсичности отработавших газов автомобилей. *Ключевые слова:* автомобильный транспорт, отработавшие газы, выбросы, парниковые газы, моторное топливо, поллютант атмосферы

**Energy balanced development of the road transport sector is the way for the sustainable future of the country.** Kofanova Olena Viktorivna. The article deals with analysis of road transport influence on the environment, in particular, of emissions of pollutants on the climate change on the planet. The global problem of emissions of greenhouse gases and other atmosphere pollutants has been considered. The complex analysis of traditional and perspective ways of increasing of environmental friendliness of vehicles has been carried out. It has been set the perspectives in the field of toxicity of the vehicle emission decreasing research as a method of resource based economy. Usage of the physico-chemical regulation method has been grounded for the purpose of improvement of motor fuel ecological characteristics. *Keywords:* additives for motor fuel, atmospheric pollutant, exhaust gases, greenhouse gas, fuel, motor vehicle pollution, road transport

Автором загально визнаної економічної теорії сталого розвитку є відомий американський учений-економіст Герман Едвард Дейлі. У своїй монографії "По за зростанням: економічна теорія сталого розвитку" ("Beyond Growth. The Economics of Sustainable Development") він відзна-

чив, що парадигма сталого розвитку включає вимоги до захисту довкілля, соціальної справедливості та відсутності расової і національної дискримінації [1]. Отже, екологічна безпека країни чи світу загалом є частиною загальнонаціональної і глобальної безпеки.



Сучасна концепція сталого розвитку передбачає такий розвиток суспільства й біосфери, за якого задоволення потреб у природних ресурсах нинішнього покоління не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти в них свої потреби. Тому перехід України на принципи сталого, збалансованого розвитку означає, що розбудова національної економіки повинна здійснюватися за тісного узгодження економічних, екологічних та соціальних умов життя при забезпеченні пріоритетів екологічних проблем суспільства [2].

### Постановка проблеми

Термін "національна безпека" почали широко вживати після закінчення другої світової війни, хоча тоді він здебільшого характеризував політичну та воєнну безпеку країни або співдружності (блоку) країн. Енергетична криза 1973 р. додала до цього поняття економічний чинник, оскільки виявилось, що національній безпеці будь-якої держави загрожує її залежність від того чи іншого виду природних ресурсів. за А. Б. Качинський визначенням таке економічна безпека країни – це відсутність будь-якої загрози державі, зокрема своїх основних цінностей навіть у разі припинення поставок необхідної сировини або спроби економічного диктату [3].

Бурхливий розвиток науково-технічного прогресу, особливо наприкінці ХХ століття, спричинив виникнення серйозних загроз навколишньому середовищу (забруднення водойм, ерозія та деградація ґрунтів, виснаження природних ресурсів, скорочення лісових масивів, опустелювання, регіональна і глобальна зміни клімату тощо) та здоров'ю людини. Тому поняття "національна

безпека" збагатилася екологічною складовою – екологічна безпека держави.

Н. В. Кудрицька надає таке тлумачення поняття "екологічна безпека" – це "такий стан системи "природа–техніка–людина", який забезпечує збалансовану взаємодію природних, технічних і соціальних систем, формування природно-культурного середовища, яке відповідає санітарно-гігієнічним, естетичним і матеріальним потребам населення при збереженні природно-ресурсного і екологічного потенціалу природних систем і здатності біосфери до саморегулювання [4].

Надмірне скупчення екологічно небезпечних підприємств на території України, застаріле виробниче обладнання, в тому числі й природоохоронного призначення, та інші супутні проблеми вітчизняного агропромислового комплексу – все це створює необхідність та зумовлює актуальність уваги держави та уряду забезпечення екологічної безпеки країни. Отже, питання національної екологічної безпеки і, особливо, в автотранспортному секторі набуває для нашої країни пріоритетного значення, оскільки саме екологічні питання визначають як короткострокові, так і довгострокові перспективи сталого розвитку суспільства й біосфери як на регіональному, так і на глобальному рівнях.

### Аналіз досліджень, публікацій та обґрунтування актуальності дослідження

Перехід України на засади сталого, збалансованого розвитку потребує кардинальних змін у екологічній та економічній політиці країни, оскільки в основі національної безпеки будь-якої держави лежить забезпечення

ність її природними ресурсами та бережне ставлення до навколишнього природного середовища й здоров'я нації. Учені довели, що існує пряма залежність між кількістю випадків захворювань населення на хронічний бронхіт, астму, дихальних шляхів, частоту серцевих нападів, розлади імунної, кровоносної та нервової систем тощо, а отже показниками смертності населення (в тому числі й дитячої) і підвищенням концентрації шкідливих речовин у атмосферному повітрі [5]. Викиди речовин-поллютантів з відпрацьованими газами автомобілів не тільки спричиняють негативні зміни в оточуючому нас природному середовищі, але й впливають на здоров'я людини, тваринний і рослинний світ, і загалом – на якість життя на планеті.

Автотранспортний комплекс (АТК) України є надзвичайно потужним забруднювачем навколишнього природного середовища. За рахунок спалювання вуглеводного палива у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) до атмосфери потрапляють надлишкові кількості оксидів Карбо-

ну (СО та СО<sub>2</sub>), Нітрогену (N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> тощо), сполук Сульфуру (SO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> та ін.), вуглеводні (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) та дрібнодисперсні частинки пилу і сажі (так звані "чорний вуглець", "black carbon"). За даними О. Токмиленко [6], на початок 2012 р. близько 60 % автомобілів, зареєстрованих в Україні, мали термін експлуатації понад 10 років, а 27 % автомобілів – навіть і понад 15 років. Тобто, такі автомобілі не відповідають нормам Європейського Союзу Євро 2, що діяли в Україні ще з 2006 року.

О. В. Лямцев [7] вважає, особлива небезпека з боку автотранспортного комплексу полягає в тому, що, поперше, на сьогодні в країні неконтрольовано зростає чисельність автотранспортних засобів, особливо великогабаритних, що знаходяться у приватній власності. В табл. 1 подано динаміку валових викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами забруднення, їх хімічний склад та стрімке посилення негативного впливу автотранспорту на всі компоненти біосфери [8].

Таблиця 1

### Динаміка викидів забруднюючих речовин (тис. тонн) пересувними джерелами забруднення та їх хімічний склад

Склад викидів	Рік	1990	1995	2000	2005	2009	2010
Оксид Сульфуру (IV) SO <sub>2</sub>		-	-	8,2	13,3	27,5	28,9
Оксид Нітрогену (IV) NO <sub>2</sub>		-	близько 106,5	120,6	180,2	282,9	293,2
Оксид Карбону (II) CO		-	близько 1426,8	1546,2	1654,7	1872,0	1888,1
Неметанові леткі органічні сполуки		-	-	-	5,4	291,6	293,3
Сажа С		-	-	7,2	13,4	30,4	32,4
Усього викидів забруднюючих речовин		6110,3	1796,5	1949,2	2151,5	2514,8	2546,4

По-друге, пересувні джерела забруднення здатні спричинити забру-

днення великої території, причому найбільший негативний вплив спо-

стерігається в житлових районах з великою щільністю населення. По-третє, концентрація шкідливих речовин від викидів автотранспортних засобів максимальна в зоні дихання людини і, особливо, дітей. Встановлено, що близько 20 % викидів автотранспорту залишається поблизу автомагістралей, внаслідок чого формуються так звані первинні аномалії токсичних і канцерогенних речовин [7]. Негативний вплив викидів автотранспорту відчувається на відстані до 2-х км від автодороги та розповсюджується на висоту майже 300 м [9].

Результати досліджень свідчать, що діти до двох років, які живуть поблизу дороги, в 2–8 рази частіше страждають на уроджені аномалії, рахіт, діатез тощо, а у трирічних дітей майже у 18 разів частіше трапляються патології центральної нервової системи. Діти починають відставати у своєму розвитку, у них частіше зустрічаються дерматити й новоутворення [7].

Уміст будь-якого поллютанта в атмосфері – це результат викидів і видалення його з атмосферного повітря за рахунок фізичних, хімічних та/або фізико-хімічних процесів. Учені поділяють парникові гази на такі, що "живуть" в атмосфері тривалий час і спричиняють довготривалу дію на клімат Землі, та гази, що внаслідок хімічної активності досить швидко видаляються з атмосфери (так звані, парникові гази короткотривалої дії) [10]. Зокрема до парникових газів довготривалої дії на клімат Землі належать оксид Карбону (IV)  $\text{CO}_2$ , метан  $\text{CH}_4$  і оксид Нітрогену (I)  $\text{N}_2\text{O}$ . Ці гази є хімічно стабільними, а тому можуть перебувати в атмосфері Землі від 10 років до кількох століть і довше.

Проте для вуглекислого газу взагалі

неможливо визначити "термін життя", оскільки він неперервно та циклічно рухається між атмосферою, океанами, сушею та біотою планети. За даними американського Агентства з охорони навколишнього середовища (U. S. Environmental Protection Agency), внаслідок згоряння тільки одного літру бензину до атмосфери Землі потрапляє близько 3 кг оксиду Карбону (IV). Причому, автомобілі з гіршими показниками паливної економічності, споживаючи набагато більше палива, викидають величезні обсяги парникових газів у атмосферу [11].

Парникові гази короткотривалої дії, зокрема оксид Сульфуру (IV)  $\text{SO}_2$  та оксид Карбону (II)  $\text{CO}$ , зазвичай, видаляються з атмосфери за рахунок процесів їх природного окиснення та інших фізико-хімічних процесів [10]. Спрямування політики України на євроінтеграцію зумовило необхідність розробки та схвалення урядом Транспортної стратегії до 2020 року [12]. Її реалізація, на думку фахівців [7], передбачає створення умов для підвищення ресурсоорієнтованого, енергозбалансованого розвитку АТК, підвищення його паливної ефективності та запровадження заходів з енергозбереження на транспорті.

Отже, метою статті є визначення джерела екологічної небезпеки вітчизняного автотранспортного сектору (АТС) та аналіз шляхів забезпечення його сталого, енергозбалансованого розвитку.

### Виклад матеріалів дослідження

Теорія управління розглядає будь-який промисловий комплекс, у тому числі й автотранспортний як складну

відкриту динамічну систему, що містить певну сукупність тісно пов'язаних підсистем, і здатну до самоорганізації, саморозвитку адаптації до впливів зовнішніх і внутрішніх чинників. Отже, за системного підходу сутність управління природоохоронною діяльністю на автотранспорті з точки зору забезпечення його сталого й збалансованого розвитку Г. Л. Рябцев характеризує як процес цілеспрямованого впливу на виробництво автотранспортних послуг з метою збереження стійкої рівноваги екосистем і зменшення негативного впливу антропогенних транспортних факторів на навколишнє середовище. Отже, екологізація та ресурсозбереження в АТК вимагають удосконалення не тільки технічного стану автотранспортних засобів, якості пального та автомобільних доріг, а й системи галузевого управління автотранспортом [13].

Відомо, що теплота згоряння палива та склад продуктів процесу його окиснення безпосередньо залежать від елементного його складу. Причому, за нижчого співвідношення Карбон : Гідроген (С/Н) більше теплоти виділятиметься при згорянні 1 кг палива. І чим вищий у пальному вміст Оксигену, тим нижче теплота його згоряння. Користуючись формулою Д. І. Менделєєва (1), можна за елементним складом органічного палива визначити його теплоту згоряння [14] зокрема для рідкого (і твердого) видів палива:

$$Q_H = 339,1 \cdot w(C) + 1030 \cdot w(H) + 108,9 \cdot (w(S) - w(O)), \quad (1)$$

де  $Q_H$  – найнижча питома теплота згоряння органічного палива, кДж/кг;  $w(C)$ ,  $w(H)$ ,  $w(S)$  та  $w(O)$  – вміст відповідних хімічних елементів у паливі, % мас.

Теплота згоряння газоподібного палива дорівнює сумі теплот горіння його горючих складників [15]:

$$Q_H = 127,7 \cdot w(\text{CO}) + 108 \cdot w(\text{H}_2) + 356 \cdot w(\text{CH}_4) + 590 \cdot w(\text{C}_2\text{H}_4) + 636 \cdot w(\text{C}_2\text{H}_6) + 918 \cdot w(\text{C}_3\text{H}_8) + 1185 \cdot w(\text{C}_4\text{H}_{10}) + 234 \cdot w(\text{H}_2\text{S}), \quad (2)$$

де  $w(X)$  – вміст відповідних горючих компонентів у паливі, % мас.

Розрахунки показують, що максимального енергетичного ефекту (10 %) можна досягти при спалюванні природного газу, тоді як при спалюванні, наприклад, рідких палив цей ефект становить не перевищує 5 % [14]. Проте на вітчизняних АТС найчастіше використовують саме такі види паливно-енергетичних ресурсів, як автомобільний бензин та дизельне паливо (літнє, зимове, арктичне тощо). Електромобілі та автотранспортні засоби, що працюють на альтернативних видах палива, ще не знайшли свого належного місця на вітчизняному авторинку.

За елементним складом палива можна спрогнозувати і склад продуктів його згоряння. За умов повного окиснення Карбон палива перетворюється на вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , Гідроген – на воду  $\text{H}_2\text{O}$ , а Сульфур – на оксид Сульфуру (IV)  $\text{SO}_2$ . При спалюванні органічного палива у повітряному середовищі можуть утворюватися також оксиди Нітрогену ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  тощо), які зазвичай позначають загальною формулою  $\text{NO}_x$ . При неповному або невідрегульованому згорянні палива можливе утворення сажі С, чадного газу  $\text{CO}$ , альдегідів  $\text{RC(O)H}$ , вуглеводнів  $\text{C}_x\text{H}_y$  тощо. Найнебезпечнішим серед останніх є бенз(а)пірен  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ , що має канцерогенну дію.

Емпірично встановлено, що чим вище у паливі співвідношення С/Н, тим більший обсяг оксиду Карбону (IV) CO<sub>2</sub> викидатиметься з відпрацьованими газами автомобіля, а, отже, і тим більший негативний вплив на клімат Землі та здоров'я людей спричиняє такий автотранспортний засіб [14]. Джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря при роботі автотранспортного засобу

є не тільки відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння, а й картерні гази та продукти випаровування з систем живлення автомобіля. Розподіл речовин-поліютантів серед цих складових показаний у табл. 2 [9, 16]. Який свідчить, що основним джерелом забруднення автотранспортом є відпрацьовані гази, тоді як у картерних газах та випаровуваннях в основному містяться вуглеводні.

Таблиця 2

#### Розподіл речовин-поліютантів (% мас.) серед основних джерел забруднення атмосферного повітря автотранспортом

Джерела забруднення Тип двигуна	Чадний газ CO		Вуглеводні C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>		Оксиди Нітрогену NO <sub>x</sub>	
	Бензиновий	Карбюраторний	Бензиновий	Карбюраторний	Бензиновий	Карбюраторний
Відпрацьовані гази	95	98	55	90	98	98
Картерні гази	5	2	5	2	2	2
Випаровування палива	–	–	40	8	–	–

Визначення загальних обсягів викидів парникових газів в автотранспортному секторі – складне й багатопараметрове завдання через те, що воно залежить від багатьох чинників. Це, зокрема, технічний стан і режим руху автомобіля; структура і стан вулично-дорожньої мережі; якість моторного палива та дорожнього покриття; інтенсивність руху автотранспорту, кліматичні умови місцевості тощо. Зокрема, на транспорт припадає майже третина всього споживання енергії в Європейському Союзі, причому 98 % усього паливного ринку становлять нафтопродукти. Отже, транспорт, основну частину якого становить автотранспорт, є "відповідальним" майже за 26 % викидів вуглекислого газу CO<sub>2</sub> [17].

Склад викидів значного мірою залежить від типу двигуна, технічного стану автотранспортного засобу, режиму роботи двигуна тощо [5]. Зокрема, бензинові двигуни, особливо карбюраторні, є основними емітентами чадного газу CO, проте, наприклад, викиди оксидів Нітрогену, зокрема NO<sub>2</sub>, спричинені в основному роботою дизельних двигунів [18]. Крім того, невідрегульований дизельний двигун "димить" за рахунок викидів твердих дрібнодисперсних частинок, які також спричиняють велику шкоду і довкіллю, і здоров'ю людей.

Міжнародною спільнотою пріоритетними визнано такі напрямки енергетичної політики країн світу як енергоефективність, енергозбереження та екологічна безпека. Зокрема, Єв-

ропейською Комісією запропоновано дієві економічні важелі щодо підвищення екологічності дорожнього транспорту та зниження споживання ним енергії. Серед таких заходів варто відзначити:

- зміни у системі оподаткування для стимулювання придбання більш економічних та екологічних автотранспортних засобів, що працюють на "зеленому", альтернативному паливі;
- пропозиції урядовцям і представникам органів влади придбати такі автомобілі для заохочення автовиробників та мешканців міста;
- обмеження споживання моторного палива автомобілями та спонукання автовиробників й надалі поліпшувати енергетичні експлуатаційні характеристики автотранспортних засобів;
- покращення менеджменту на транспорті, управління дорожнім рухом за допомогою, наприклад, європейської супутникової радіонавігаційної програми GALILEO;
- покращення експлуатаційних та екологічних характеристик шин та заохочення споживачів, регулярній перевірці в них тиску;
- пріоритетне фінансування та підтримка досліджень щодо використання альтернативних видів палива на транспорті.

У зв'язку з тим, що майже половина палива, що використовується автомобільним транспортом, спалюється у великих містах, у селітебних районах міста, то постає нагальне питання оптимізації руху міського транспорту та обмеження доступу в центральні райони міст автотранспортних засобів, які продукують великі обсяги викидів. Зокрема, після за-

провадження у Лондоні у 2004 р. плати за створення заторів дорожнього руху вдалося знизити споживання палива та викиди вуглекислого газу в атмосферу приблизно на 20 % у районах стягування плати [17].

Серед інших способів скорочення викидів шкідливих речовин, у тому числі й парникових газів, у атмосферне повітря та зменшення токсичності відпрацьованих газів автомобілів найбільш уживаними є: внесення конструкційних змін при виробництві автомобілів, застосування спеціальних каталізаторів, економія моторного палива за рахунок забезпечення повноти його згоряння. На сьогодні існує багато способів інтенсифікації процесу окиснення моторного палива – фізичні, хімічні, а також конструкційні методи цілеспрямованого впливу на кінетику процесу горіння. Одним із таких способів, що дає змогу досягти комплексного впливу на ефективність процесу згоряння моторного палива і, як наслідок, на зменшення концентрації токсичних речовин у відпрацьованих газах автомобілів, є зміна фізико-хімічних властивостей палива за допомогою спеціальних речовин-присадок або добавок (метод "фізико-хімічного регулювання").

Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив надає таке тлумачення термінів "добавка" або "присадка". Це речовина (або суміш речовин), яку додають до моторного палива для надання йому спеціальних якостей або покращення його експлуатаційних та фізико-хімічних властивостей без погіршення екологічних показників [19]. На

сьогодні вітчизняний ринок присадок до моторного палива залишається недостатньо розвинутим, тому АТК України споживає великий асортимент імпортованих присадок до палив і оливо, екологічна безпека яких викликає у фахівців певні сумніви [15, 20].

З метою контролю за якістю атмосферного повітря та з огляду на політику держави в напрямку гармонізації вітчизняного законодавства з законодавством ЄС у АТС та в сфері екології і охорони навколишнього середовища передбачено поступове посилення вимог до якості моторних палив (автомобільного бензину та дизельного палива). Зокрема, з 1 січня 2014 р. в Україні почав діяти стандарт ЄС Євро 4; з 1 січня 2016 р. планується запровадити Євро 5, а з 1 січня 2018 р. – Євро 6. Урядом встановлено також і кінцеві терміни введення в обіг автомобільних бензинів і дизельного палива, зокрема, екологічного класу Євро 3 – до 31 грудня 2015 р.; екологічного класу Євро 4 – до 31 грудня 2017 р.; а для екологічного класу Євро 5 цей термін не обмежений [19]. Проте впроваджений з 1 січня 2014 р. екологічний стандарт Євро 4 стосується тільки тих автомобілів (як нових, так і старих), що підлягають реєстрації в Україні. На вже зареєстровані автотранспортні засоби цей стандарт не розповсюджується, хоча саме застарілі автомобілі є надзвичайно потужними емітентами парникових газів та інших шкідливих речовин.

Саме для автомобілів, що за своєю конструкцією не відповідають сучасним екологічним нормам, у ГНДЛ "Реактор" ОКБ "Шторм" Національ-

ного технічного університету України "КПІ" розроблено та апробовано багатофункціональні пакети присадок до моторного палива, що дають змогу не тільки вилучити надмірні витрати пального за рахунок оптимізації процесів його згоряння, а й запобігти забрудненню паливної апаратури завдяки їх мийній дії, скоротити викиди шкідливих речовин у атмосферне повітря тощо [21–23]. Згідно з вимогами Технічного регламенту [19], присадки для автомобільних бензинів не містять у своєму складі фосфор, сполуки плюмбуму та феруму, а також ароматичні аміни (наприклад, монометиланіліни, моноетиланіліни та ін.). Усі речовини мають дозвіл МОЗ України на використання та є повністю біодеградуєчими.

### Висновки

На фоні великої кількості невирішених екологічних проблем у вітчизняному автотранспортному секторі зростає необхідність забезпечення ефективного та економного споживання ним паливно-енергетичних ресурсів, переводу на альтернативні джерела енергії. Діяльність АТК повинна бути спрямована на мінімізацію негативного впливу на навколишнє природне середовище, на здоров'я людини тощо за рахунок скорочення викидів токсичних речовин у довкілля та зменшення концентрації поллютантів у відпрацьованих газах автомобілів. Тільки енергозбалансоване функціонування АТС здатне забезпечити стаке майбутнє нашої країни.

### Література

1. Сталий розвиток та екологічна безпека суспільства: теорія, методологія, практика / [В. М. Андерсон, Н. М. Андреева, О. М. Алімов та ін.]; за наук. ред. С. В. Хлобистова; ДУ "ІЕПСР НАН України", ІПРЕЕД НАН України, СумДУ, НДІ СРП. – Сімферополь: ВД "АРІАЛ", 2011. – 464 с.
2. Згуровский М. З. Основы устойчивого развития общества: курс лекций в 2 ч. / М. З. Згуровский, Г. О. Статюха. – К.: НТУУ "КПИ", 2010. – Ч. 1. – 464 с.
3. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення: монографія / А. Б. Качинський. – К.: НІСД, 2001. – 312 с. (Екологічна безпека, вип. 5).
4. Кудрицька Н. В. Впровадження біологічних видів палива – важливий напрям підвищення екологічної безпеки / Н. В. Кудрицька // Сталий розвиток та екологічна безпека суспільства в економічних трансформаціях: матер. Третьої Всеукр. наук.-практ. конф., м. Бахчисарай, 15–16 верес. 2011 р. – НДІ сталого розвитку та природокористування, ДУ "Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України", Кримський економічний інститут ДВНЗ "КНЕУ ім. Вадима Гетьмана". – Сімферополь: Фенікс, 2011. – С. 141–143.
5. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посіб. / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
6. Токмиленко О. Фіскальні методи регулювання викидів CO<sub>2</sub> автотранспортом в Україні: доповідь / Олена Токмиленко. – Нац. екол. центр України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.nesu.org.ua](http://www.nesu.org.ua).
7. Лямцев О. В. Організаційно-економічний інструментарій управління екологічно збалансованим розвитком автотранспортного комплексу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.06 "Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища" / О. В. Лямцев. – Суми, 2012. – 20 с.
8. Моніторинг атмосферного повітря. Проблеми моделювання і прогнозування [Електронний ресурс] / [В. В. Трофімович, О. С. Волошкіна, М. М. Фандікова, І. В. Клімова та ін.] // Екологічна безпека та природокористування: збірн. наук. праць. – К. – 2012. – Вип. 10. – С. 102–120. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/57536>.
9. Бутенко О. С. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту [Електронний ресурс] / О. С. Бутенко, В. О. Охарев // Екологічна безпека та природокористування: збірн. наук. праць. – К. – 2009. – Вип. 3. – С. 14–33. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/19359>.
10. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 [Електронний ресурс]: [Сайт]. – Режим доступу: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/r1/tssts-2-1.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/r1/tssts-2-1.html). – Назва з екрана.
11. Model Year 2005. Fuel Economy Guide / U. S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy U. S. Environmental Protection Agency [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.fueleconomy.gov](http://www.fueleconomy.gov).
12. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>. ]
13. Рябцев Г. Л. Державна політика розвитку ринку нафтопродуктів в Україні: формування та реалізація: монографія / Г. Л. Рябцев. – К.: НАДУ, 2011. – 418 с.
14. Васюков А. В. Основы энергосбережения: [учеб.-метод. комплекс для студ. экон. и машиностроит. спец.] / А. В. Васюков. – Новополюк: ПГУ, 2011. – 348 с.
15. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посіб. Кн. 1. Паливо-мастильні матеріали і технічні рідини / За ред. В. Я. Чабанного; 2-ге вид., перероб. та доп. – Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. – 353 с.

16. Транспортна екологія: метод.-інформац. матер. до самост. вивч. дисц. та викон. індив. завдань [для студ. напряму підготов. 6.070101 Транспортні технології (за видами транспорту)] / А. В. Павличенко, С. М. Лисицька, О. О. Борисовська, О. В. Деменко. – Д.: Нац. гірничий ун-т, 2012. – 39 с.
17. European Commission. Climate Action [Електронний ресурс] : [Сайт]. – Режим доступу: [http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation_en.htm).
18. Расчетный мониторинг распространения выбросов автомобильного транспорта в крупном промышленном городе / Гольдфейн М. Д., Кожевников Н. В., Кожевникова Н. И., Фетисова Н. А. // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 4 – С. 35–36. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=4168](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=4168).
19. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 1 серпня 2013 р. № 927 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>.
20. Ярмлюк Б. М. Тенденції застосування додатків до бензинів / Б. М. Ярмлюк, Н. П. Короткова, Л. І. Береза // Каталізація і нефтехімія. – 2006. – № 14. – С. 53–70.
21. Роїк І. В. Застосування поліфункціональної миюче-диспергуючої присадки до палива як засіб зменшення негативного впливу на довкілля / І. В. Роїк, О. В. Кофанова, О. І. Василькевич, М. Б. Степанов // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2010. – № 2 (27). – С. 80–85.
22. Роїк І. В. Оцінка впливу багатфункціональних присадок на експлуатаційно-технічні показники палива [Електронний ресурс] / І. В. Роїк, О. І. Василькевич, С. Г. Бондаренко, М. Б. Степанов // Вост.-Европ. журн. передових технологій. – № 3/6. – 2013. – С. 12–16. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpt\\_2013\\_3\\_6\\_5.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vejpt_2013_3_6_5.pdf).
23. Роїк І. В. Покращання експлуатаційно-екологічних характеристик автомобільних бензинів за допомогою поверхнево-активних присадок / І. В. Роїк, О. І. Василькевич, М. Б. Степанов // Екол. безпека. – 2012. – № 2. – С. 85–89.

УДК 621.614.78:662.

## К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Лапшин Ю.С.

Государственная экологическая академия  
последипломного образования и управления,  
Голубцова Н.Ю., Париков Л.Е.  
СП «Ланко»

Запропоновано технологію передачі сконцентрованої променевої енергії від місця концентрації до місця зберігання в променевій формі. Дано опис рекомендованої конструкції теплосховища, призначеного для зберігання високотемпературної теплової енергії та обслуговування сонячних електростанцій великої потужності. Викладена розроблена авторами методика визначення ефективності пропонованих пристроїв. Сформульовано критерії оптимізації параметрів запропонованої системи, виходячи з головної вимоги - досягнення максимальної ефективності використання території (площі відчуження під систему перехоплення і концентрації сонячних променів, доставки променевої енергії до теплосховища, але без урахування площі, займаної системою охолодження і конденсації пари). Сформульована постановка математичної задачі і виведено балансове рівняння для визначення пропускної здатності колектора, що транспортує сонячні промені від місця концентрації до пункту призначення. *Ключові слова:* електростанція, сонце, енергія, колектор, сховище.

**К вопросу о повышении эффективности солнечных электростанций.** Лапшин Ю.С., Голубцова Н.Ю., париковое Л.Е. Предложена технология передачи сконцентрированной лучистой энергии от места концентрации в места хранения в лучевой форме. Дано описание рекомендуемой конструкции теплосховища, предназначенного для хранения высокотемпературной тепловой энергии и обслуживания солнечных электростанций большой мощности. Изложена разработанная авторами методика определения эффективности предлагаемых устройств. Сформулированы критерии оптимизации параметров предложенной системы, исходя из главного требования - достижение максимальной эффективности использования территории (площади отчуждения под систему перехвата и концентрации солнечных лучей, доставки лучевой энергии в теплосховища, но без учета площади, занимаемой системой охлаждения и конденсации пара). Сформулирована постановка математической задачи и выведены балансовое уравнение для определения пропускной способности колектора, транспортирующего солнечные лучи от места концентрации до пункта назначения. *Ключевые слова:* электростанция, солнце, энергия, колектор, хранилище.

**On the question of increasing the efficiency of solar power plants.** Lapshin Y.S., Golubtsova N.Y., Parikov L.E. The technology transfer concentrated radiant energy from the place of concentration to a storage location in the form of radiation. A description of the recommended design teplohranilischa for storing high-temperature thermal energy and maintenance of solar power plants of high power. Developed by the authors is described method of determining the effectiveness of the proposed devices. Criteria optimization of the parameters of the proposed system, based on the main requirements - to achieve maximum efficiency use of the area (the area under the system of alienation interception and concentration of sunlight, radiant energy delivery to teplohranilischu, but excluding the area occupied by cooling and condensation). Formulate the

mathematical problem and the balance equation is derived to determine the capacity of the reservoir, the sun's rays from the carrier concentration sites to your destination. *Keywords:* ekstrostantsiya, sun energy collector, storage.

Предложена технология передачи сконцентрированной лучевой энергии от места концентрации до места хранения в лучевой форме. Дано описание рекомендуемой конструкции теплохранилища, предназначенного для хранения высокотемпературной тепловой энергии и обслуживания солнечных электростанций большой мощности. Изложена разработанная авторами методика определения эффективности предлагаемых устройств. Сформулированы критерии оптимизации параметров предложенной системы, исходя из главного требования – достижение максимальной эффективности использования территории (площади отчуждения под систему перехвата и концентрации солнечных лучей, доставки лучевой энергии к теплохранилищу, но без учета площади, занимаемой системой охлаждения и конденсации пара). Сформулирована постановка математической задачи и выведено балансовое уравнение для определения пропускной способности коллектора, транспортирующего солнечные лучи от места концентрации до пункта назначения.

Ключевые слова, теплохранилище, гелиоэлектростанция, коллектор, тепловая энергия.

Одно из самых приоритетных направлений в развитии гелиоэнергетики - поиск средств повышения КПД гелиоэнергетических систем. Важнейшим и пока ещё удовлетворительно не разрешенным вопросом также остается задача аккумуляции перехваченной солнечной

энергии. Предложения авторов сводятся к тому, чтобы при передаче сконцентрированной рефлекторами лучевой энергии к месту её потребления или хранения эта энергия перемещалась непосредственно лучами, а хранение энергии осуществлялось в высокотемпературных теплохранилищах. Потребителями тепла будут гелиоэлектростанции и предприятия, нуждающиеся в высокотемпературной тепловой энергии (производство керамики, извести обжиг цементного клинкера и т.д.). Дано математическое описание процесса теплопередачи тепловой энергии трубчатым коллектором постоянного по длине диаметра от места концентрации до места хранения или использования при нулевой отражающей способности стенок коллектора.

При вводе лучей в коллектор возникает необходимость получить максимальную плотность сконцентрированной в фокусном пятне энергии с малыми энергетическими потерями. Из четырех путей решения данной задачи (выпуклая линза, линза Френеля, двойное зеркальное отражение по схеме Кассегрена или Григориана, трапецевидная ловушка) чаще всего в практике используется линза Френеля. СП «Ланко» в соавторстве с Академией разработана конструкция рефлектора вторичного отражения (аналог схем Кассегрена и Григориана), которая обеспечит лучшие результаты концентрации, чем линза Френеля. Получены теоретические результаты определения эффективности этой ловушки. Выполнена

экспериментальная апробация основных узлов, подтвердившая правильность теоретических расчетов. В настоящее время оформляется заявка на патент в Украине.

Суть разрабатываемой технологии – достижение максимальной эффективности площади, занимаемой гелиоэнергетической установкой. Эта задача решается следующим образом:

- принимающие солнечные лучи фрагменты поверхности (линзы Френеля либо рефлекторные устройства) располагаются непосредственно над коллекторами, транспортирующими солнечные лучи по назначению;

- в коллектор сконцентрированные солнечные лучи поступают через отверстие предельно уменьшенной площади, что достигается благодаря наличию озеркаленной входной воронки и механизму, перекрывающему часть отверстия, в которую лучи не поступают при взаимном частичном затенении данного фрагмента соседним фрагментом;

- принимающие солнечные лучи фрагменты расположены вплотную друг к другу таким образом, что в день равноденствия в 12 часов местного времени эти поверхности примут максимум солнечного излучения, не затеняя друг друга и имея не перекрытой всю площадь входного отверстия;

- плоская поверхность, на которой расположены принимающие солнечные лучи фрагменты, имеет угол наклона вдоль меридиана в сторону экватора, равный географической широте данной местности (несоблюдение этого условия в тропиках приводит к незначительному снижению эффективности, но для больших гео-

графических широт рекомендуется – размещать данную систему на склонах местности).

Выполненные авторами расчеты показывают, что потери энергии солнечных лучей на начальном участке (от приема до окончания ввода в коллектор) остаются в пределах 15%. Ещё 10% - это утечки: через входные отверстия, когда эти отверстия работают на прием энергии, и (на это время) они не перекрыты теплоизоляцией, потери через внешнюю изоляцию и потери на внутреннее потребление (охлаждение перегреваемых мест). Таким образом, эффективность использования энергии солнечных лучей может быть доведена до 75%. Т.е. решаются обе поставленные задачи - повышения КПД и хранения перехваченной энергии.

Очевидно, что такой подход потребует разрешения проблем устройства теплоизоляции системы, т.е. поиска надлежащих огнеупорных материалов для создания многослойных вакуумных экранов, так как эффективность работы таких устройств будет особенно значительной при температуре внутренней среды 1500 ÷ 2000К. Но вопросы теплоизоляции в данной работе не рассматриваются (предполагается, что эта проблема технически разрешима, поскольку имеется опыт в металлургической и других областях промышленности), а предметом исследования является создание теоретического метода определения эффективности этого предложения, что возможно на основании законов: оптики, Стефана – Больцмана и Ламберта.

В данной статье изложены теоретические основы метода проверки

эффективности жаростойких коллекторов, передающих сконцентрированную рефлекторами солнечную энергию к месту ее хранения или использования.

Имеется система концентраторов (рефлекторов), снабженная устройством изменения направления сконцентрированного лучевого потока, которая направляет этот сконцентрированный (с малым значением углового диаметра) лучевой поток строго вдоль коллектора с совпадением осей лучевого потока и коллектора. При этом часть введенной в коллектор лучевой энергии достигнет выходного отверстия практически без потерь (не касаясь внутренних стенок коллектора). Вторая (значительно большая) часть лучевого потока поступает в выходное отверстие после однократного или многократного отражения от стенок коллектора. При этом часть лучевой энергии (в месте контакта со стенкой) переходит в тепло, нагревая стенку, а в соответствии с законами Стефана-Больцмана и Ламберта, эта тепловая энергия рассеивается в лучевой форме по закону шаровой равномерной симметрии с центром в точке отражения луча от поверхности. Если бы коэффициент отражения внутренней поверхности коллектора был равен 1, то мощность, которая теряется (вытекает) через входное отверстие, когда это отверстие не перекрыто теплоизолирующей пробкой, определяется (см. ниже) уравнением (0). Понятно, что изготовление поверхности с такими свойствами невозможно. Максимальное значение коэффициента отражения для волнового диапазона солнечного спектра (11000 – 12000нм) при нормальном падении

лучей – 0,984 (полированная медь) [3, с 639, табл.31.21]. Результат расчета по уравнению (0) может рассматриваться как нижний теоретический предел, к которому следует стремиться при подборе материалов для внутренней облицовки коллектора. Большую практическую ценность будет представлять знание верхнего предела. Т.е. знание величины потерь при степени черноты внутренней поверхности коллектора равной 1. Именно разработка алгоритма вычисления этой величины и является одной из главных частей данной работы. Практическую целесообразность, достаточно высокую точность и полезность таких исследований определяют работы [1,2,3]. Данная разработка предназначена для расчета сравнительно коротких коллекторов, передающих сконцентрированную лучевую энергию от фокуса рефлектора в приемник лучей теплохранилища, когда фокусирующее устройство расположено на поверхности приемника лучей или вблизи от него.

Принятые допущения при составлении расчетной схемы:

- теплоизоляция системы не допускает потерь энергии во внешнюю среду,
- теплоемкость внутренних стенок коллектора пренебрежимо мала,
- степень черноты внутренней поверхности коллектора равна 1,
- справедливы законы линейной оптики и закон Ламберта.
- при расчёте теплообмена между двумя бесконечно малыми элементарными площадками предполагалось, что вся лучевая энергия площадки, обладающей более высокой температурой, сосредоточена в центральной точке этой площадки (в

случае, когда элементарная площадка может рассматриваться как прямоугольник, эта точка является точкой пересечения диагоналей).

Расчетная схема представлена на рис 1.

Коллектор - это прямолинейная тонкостенная труба диаметром  $D$ . В сечении 1-1 находится перегородка с отверстием для ввода лучей. Диаметр этого расположенного в центре трубы входного отверстия –  $d$ . Угловой диаметр вводимого в данное отверстие равномерного лучевого потока мощностью  $q$  равен  $\beta$ . Ось этого лучевого потока совпадает с осью трубы – коллектора. Направление тепловых лучей, схематично, по-

казано на рисунке стрелками. В выходном отверстии (11-11) поддерживается постоянная температура –  $T_0$ . Принимаем еще одно допущение: будем считать, что поступающий в коллектор лучевой поток мощностью  $q$  является частью точечного источника расположенного на оси коллектора с удалением от сечения 1 – 1 на расстояние  $(d/2)/\tan(\beta/2)$ .

Требуется разрешить осесимметричную задачу по определению функции распределения температуры по длине трубы – коллектора и определить долю лучевой энергии, теряемой (выходящей) через входное отверстие.

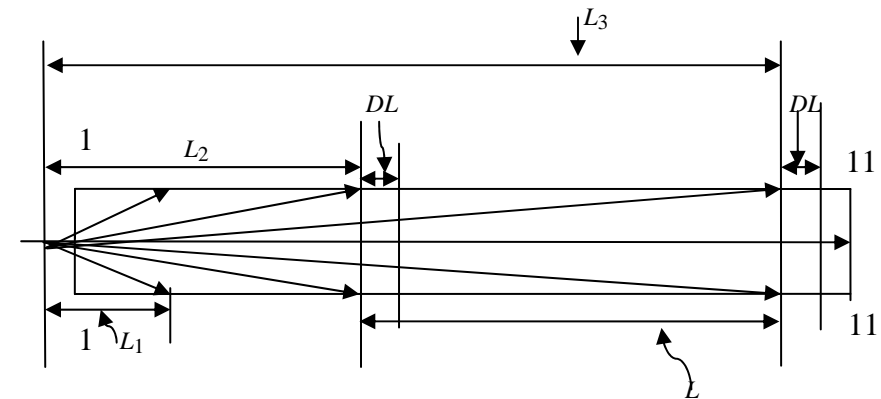


Рис.1

Решение задачи выполняется в 4 этапа.

На первом этапе – определяется величина потерь энергии через входное отверстие ( $w_0$ ) при нулевом значении  $q$ . Для случая  $D \gg d$  получен тривиальный результат – эти потери определяет закон Стефана – Больцмана, и они равны:

$$w_0 = 5,67 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot T_0^4 \cdot 10^{-8} / 4 \text{ Вт}, \quad (0)$$

где  $d$  измеряется метрами.

Второй этап – это определение интенсивности распределения поступающей энергии по длине трубы (на её стенки) и количества энергии, непосредственно поступающей в сечение 11-11.

Очевидно, что расстояние от сечения 1 -1 до точки пересечения крайнего луча со стенкой коллектора равно –  $((D - d/2)/\tan(\beta/2))$ . Доля поступающей энергии ( $dw$ ) на участок внутренней поверхности коллектора,

расположенный между двумя сечениями, которые удалены одно от другого на расстояние  $-l$  будет равна:

$$dw = q \cdot \left( \frac{1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}}{1 - 1/(1 + (D/l_2)^2)^{1/2}} - \frac{1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}}{1 - 1/(1 + (D/l_3)^2)^{1/2}} \right) \quad (1)$$

Из (1), в частности, следует, что доля прямой лучевой энергии ( $Dw_{11-11}$ ), поступившей через входное отверстие, которая, не касаясь стенок коллектора, выходит через сечение 11-11, составляет:

$$Dw_{11-11} = q \cdot \left( \frac{1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}}{1 - 1/(1 + (D/l_2)^2)^{1/2}} - \frac{1 - 1/(1 + (D/l_1)^2)^{1/2}}{1 - 1/(1 + (D/(L + (d/2)/\tan(\beta/2))^2)^{1/2}} \right), \quad (2)$$

где  $L$  длина коллектора.

Третий этап – определение характеристики взаимного лучевого теплообмена между участками внутренней поверхности трубы в зоне действия уравнения (1), взаимодействия этого участка с поверхностью торцевого участка (сечение 1-1), с поверхностью участка  $l_1$  и входным отверстием.

Для составления уравнения теплового равновесия, рассматриваем теплообмен между двумя одинаковыми элементарными кольцами внутренней поверхности (Рис.1). Расстояние между центрами этих колец  $-l$ .

На кольцо с более высокой температурой (кольцо, расположенное на рисунке слева) выбираем элементарную площадку второго порядка малости, с размерами  $-dl \cdot r \cdot d\varphi$ , где  $\varphi$  - угловая координата точки на внутренней поверхности коллектора,  $r = D/2$ . Считаем, что средняя линия данной элементарной площадки совпадает с нижней линией образующей цилинд-

рической поверхности коллектора, которая находится в плоскости рисунка. Для этой линии  $\varphi=0$ . На втором кольце выбираем элементарную площадку таких же размеров. Координаты центра этой площадки  $-(l, r \cdot \varphi)$ . Причем,  $\varphi$  может принимать любое значение в диапазоне от нуля до  $\pi$ . На основании изложенных выше допущений можем считать, что передача тепловой мощности от первой элементарной площадки ко второй за счет лучеиспускания, в соответствии с законом Стефана – Больцмана и законом Ламберта, будет определяться равенством:

$$dW = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot \sin(\varphi/2) \cdot \tan(\varphi/4) \cdot \sin\theta \cdot dl \cdot r \cdot d\varphi / (2 \cdot \pi \cdot R^2), \quad (3)$$

где:  $R = (l^2 + (2 \cdot r \cdot \sin(\varphi/2))^2)^{1/2}$ ,  $\sin\theta = 2 \cdot r \cdot \sin(\varphi/2) / R$ ,  $T_1$  и  $T_2$ , соответственно температуры первого и второго участка в градусах Кельвина.

Интегрирование правой части уравнения (3) по  $\varphi$  в пределах от нуля до  $\pi$  дает значение мощности, которую передает элементарная площадка половине элементарного кольца, принимающего эту энергию. В полученном после интегрирования выражении величины  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $r$ ,  $l$  и  $dl$  – постоянные. Поэтому интегрирование этого выражения (после его удваивания) по всему элементарному кольцу даст значение элементарной мощности ( $Dw$ ), которую это кольцо передает другому аналогичному элементарному кольцу, находящемуся от него на расстоянии  $l$ .

$$Dw = 4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot \int_0^\pi \frac{\sin^2(\varphi/2) \cdot \tan(\varphi/4) \cdot d\varphi}{(L^2 + (4R^2 \sin^2(\varphi/2))^2)^{3/2}} \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает и теплообмен между элементарными площадками рассмотренного участка с аналогичными элементарными кольцами участка  $l_1$ . Но в этом случае (при использовании численных методов получения результатов) следует выяснять: какое из рассматриваемых элементарных колец, которые обмениваются между собой энергией, имеет большую температуру.

Теплообмен рассматриваемого участка с торцевым участком (сечение 1-1) определяется выражением, которое получается в результате установления теплообмена между элементарным кольцом внутренней поверхности коллектора и элементарной шайбой торцевой поверхности (ось симметрии шайбы совпадает с осью коллектора) и последующего интегрирования в границах внутренней поверхности коллектора.

Пусть внутренний радиус элементарной шайбы равен  $r_0$ , а её внешний радиус  $-r_0 + dr_0$ . На этой шайбе вырезаем элементарную площадку второго порядка малости  $-r_0 \cdot d\varphi \cdot dr_0$ . Координаты этой площадки  $-(0, r_0, \varphi)$ . Аналогично,  $\varphi$  может принимать любое значение в диапазоне от нуля до  $\pi$ . Как и в предыдущем случае, рассматриваем элементарную площадку элементарного кольца внутренней поверхности коллектора. Размер этой площадки  $-r \cdot d\varphi \cdot dl$ . Считаем, что средняя линия данной элементарной площадки совпадает с нижней линией образующей цилиндрической поверхности коллектора, которая находится в плоскости рисунка. Для этой линии  $\varphi=0$ . Координаты центра этой площадки  $-(l, r, 0)$ .

На основании изложенных выше допущений можем считать, что передача тепловой мощности от первой элементарной площадки ко второй  $Dw_T$  за счет лучеиспускания, в соответствии с законом Стефана – Больцмана и законом Ламберта, будет определяться равенством:

$$Dw_T = (5,67/2\pi) \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot r^2 \cdot dr_0 \cdot d\varphi \cdot dl \cdot (N \cdot \cos(\varphi)/G^3) \quad (6)$$

где: ,

$$G = \sqrt{l^2 + r_0^2 + R^2 - 2R \cdot r \cdot \cos(\varphi)},$$

$$N = \sqrt{R^2 + r^2 - 2R \cdot r \cdot \cos(\varphi)}.$$

Интегрирование данного выражения по элементарному кольцу дает следующее значение теплообмена между элементарной площадкой шайбы и элементарным кольцом:

$$D_T w = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot r^2 \cdot dr_0 \cdot d\varphi \cdot dl \cdot \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi. \quad (7)$$

Теплообмен между элементарным кольцом и элементарной шайбой  $Dw$  определяет следующая зависимость:

$$Dw = 2 \cdot \pi \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot r^2 \cdot dr_0 \cdot dl \cdot \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi \quad (8)$$

Теплообмен между элементарным кольцом и площадью торца  $Dw_1$  определяет следующая зависимость:

$$Dw = 2 \cdot \pi \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot r^2 \cdot dr_0 \cdot dl \cdot \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi. \quad (9)$$

$$Dw = 2 \cdot \pi \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot r^2 \cdot dl \cdot \int_r^d (T_1^4 - T_2^4) \cdot r_0 \cdot \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi \cdot dr_0 \quad (10)$$

Мощность теплообмена между торцевой площадкой и боковой стенкой коллектора  $Dw$  определяет следующее уравнение:

$$Dw = 2 \cdot \pi \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot r^2 \cdot dl \cdot \int_0^\pi \frac{H \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi \quad (11)$$



$$\int_0^L \int_r^d (T_1^4 - T_2^4) * R_0 * \frac{\pi \cos(\varphi)}{G^3} d\varphi * dR_0 * dl$$

Уравнение (11) позволяет определить и мощность лучей, которые исходят из боковой стенки и проходят (потери) через входное отверстие. Только, в этом случае интегрирование по  $r_0$  осуществляется не в пределах от  $r$  до  $d$ , а в пределах от  $d$  до нуля. Кроме того значение  $T_2$ , в данном случае, можно положить равным нулю.

Четвертый этап.

В уравнении (4)  $T$  является искомой функцией от  $l$ . Для её определения можно использовать уравнение баланса энергии:

$$q = q_1 + q_2, \quad (12)$$

где:  $q_1$  – мощность, теряемая через входное отверстие,  $q_2$  – мощность лучевого потока, проходящего через сечение 11 – 11. А для этого необходимо определить закономерности лучевого теплообмена участка  $l_1$  с остальными участками внутренней поверхности коллектора. Эти вычисления можно выполнить, по приведенной методике, используя уравнения (3) – (11).

В заключение приводим описание предлагаемой конструкции теплохранилища. Схема теплохранилища (разрез через центр теплохранилища) представлена на рисунке 2.

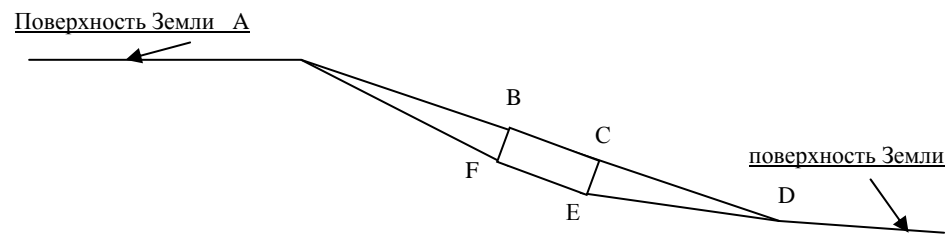


Рисунок 2

На рисунке точками ABCDEF обозначена линия границы теплохранилища, на которой находится теплоизоляция. Прямоугольник BCEF – это ядро теплохранилища, в котором сосредоточена раскаленная масса. Линия AFED – граница земной поверхности с теплохранилищем. На внешней стороне круга, диаметром которого является линия AD, размещены рефлексоры, от неподвижного фокуса которых, лучи поступают во внутреннюю часть (полость) теплохранилища по коллекторам. Расчеты транспортной способности которых

посвящалась предыдущая часть данной статьи. Полостью является (за исключением ядра) вся внутренняя часть теплохранилища. Вся внутренняя поверхность полости имеет высокий коэффициент отражения. Благодаря этому и увеличивающейся (в направлении ядра) высоте полости, попавшие в полость лучи достигают ядра. Внутри ядра может находиться парогенератор, режим работы которого регулируется мобильной теплоизоляцией размещенной между ядром и парогенератором. Мобильная теплоизоляция находится и меж-

ду ядром и полостью. Эта теплоизоляция включается при снижении температуры полости ниже температуры ядра. Форму полости поддерживают легкие внутренние конструкции, внешняя поверхность которых имеет теплоизоляцию, а внутренняя часть снабжена системой охлаждения проточной водой. Указанная мера (в высокотемпературной среде) повышает прочность конструкции и исключает температурные деформации.

Оценим эффективность нашей системы. Допустим диаметр AD равен 2000м, среднесуточное поступление солнечной энергии - 200Вт/м<sup>2</sup>. При выполнении наших условий мощность электростанции, совмещенной с теплохранилищем, будет определяться формулой:

$$W = \pi * q * D^2 * K_1 * K_2 * K_3 / 4.$$

Где  $q$  – среднесуточное поступление солнечной энергии на 1 м<sup>2</sup> поверхности круга (в нашем случае  $q = 200 \text{Вт/м}^2$ ),  $D$  – диаметр круга (в нашем случае  $D = 2000 \text{м}$ ),  $K_1$  – отношение площади живого сечения лучевого потока, которую перехватили рефлексоры, к площади живого сечения лучевого потока поступающего на площадь круга (принимаем  $K_1 = 0,9$ ),  $K_2$  – коэффициент полезного действия рассматриваемой системы (в нашем случае  $K_2 = 0,75$ ),  $K_3$  – КПД электростанции. Назначить КПД можно, опираясь на опыт атомной энергетики. Где КПД = 0,3 при рабочей температуре пара 700°С. В нашем случае, можно обеспечить (с сохранением уровня безопасности) более высокий уровень рабочей температуры. Поэтому считаем возможным заложить в будущий проект

КПД = 0,35. Таким образом, для нашего случая

$$W = 3,14159 * 200 \text{Вт/м}^2 * (2000 \text{м})^2 * 0,9 * 0,75 * 0,35 / 4 = 148,44 \text{МВт}.$$

Причем, эта энергия ценна не только чистотой энергетического источника. Она ещё обладает хорошим свойством мобильности перехода на требуемый режим (в силу простоты регулирования мощности – управление мобильной изоляцией). Разумеется, гидроаккумулирующие станции значительно превосходят по этому показателю наш вариант, но они потребляют энергию, а мы будем её только производить.

#### Задачи дальнейших исследований

- практическая апробация и усовершенствование существующих технологий ввода сконцентрированного лучевого потока в малое отверстие с обеспечением заданного направления вхождения лучей;

- вывод базовых уравнений для определения потерь энергии из входного отверстия для произвольного значения степени черноты внутренней поверхности коллектора;

- разработка компьютерных программ для численного решения задач по определению оптимальных параметров коллекторов

- проведение аналогичных теоретических исследований для коллектора с увеличивающимся (по направлению хода лучей) диаметром.

- выполнение исследований по определению капитальных затрат на изготовление необходимого оборудования и строительство данной системы.

**Выводы**

Основными факторами, обеспечивающими эффективность коллекторов, является высокое значение отражающей способности внутренней поверхности этих коллекторов и их оптимальный продольный профиль (форма внутренней поверхности).

**Литература.**

1. Грищенко Ю. И. Оптико-механические и структурно фазовые поверхности гелиоустройств / Ю. И. Грищенко. – К. : Наукова думка, 1987.
2. Грищенко Ю. И. Регулирование оптических параметров воздействием окружающей среды / Ю. И. Грищенко. – К. : Наукова Думка. 1988.
3. Кикоин И.А. Таблицы физических величин. Атомиздат. М. 1976.

Предложенная технология может оказаться конкурентноспособной и заслуживает более полного исследования. Во всяком случае, авторы намерены продолжать оговоренные выше исследования.

УДК 504:620.9

**К ВОПРОСУ О ЛЕЕРНОЙ  
ЭНЕРГЕТИКЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ  
ВЕТРЫ БОЛЬШИХ ВЫСОТ**

Лапшин Ю.С.

Экологическая академия последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины.

Ул. Митрополита Василя Липковского, 35, 03035, г. Киев  
deabgd@mail.ru

Работа является продолжением серии статей по разработке новых ветроэнергетических технологий совместно сотрудниками академии последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины, СП «Ланко» и Национального кременчугского университета. Суть этих технологий - использование энергии ветра больших высот (5000м) с помощью воздушного змея/аэростата. Ожидается высокая эффективность этих технологий для случаев, когда среднегодовая скорость ветра приземного слоя (высота – до 10м) не превышает 5м/с, что особенно актуально для большей части территории Украины. Отражены исследования по определению параметров леера равнопрочного сечения, сформулирована математическая задача установления параметров леера, гарантирующих надежность его работы. Вывод дифференциального уравнения, отражает напряженное состояние леера. Приводятся результаты расчетов по определению веса леера для некоторых вариантов конструкции. *Ключевые слова:* леер, крыло-аэростат, ветросиловая установка, система управления состоянием конструкции.

**До питання про леєрні енергетиці, використовуються вітри великій висоті. Лапшин Ю.С.** Робота є продовженням серії статей з розробки нових вітроенергетичних технологій спільно співробітниками Кадем післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України, СП «Ланко» та Національного кременчуцького університету. Суть цих технологій - використання енергії вітру великих висот (5000м) за допомогою повітряного змія / аеростата. Очікується висока ефективність цих технологій для випадків, коли середньорічна швидкість вітру приземного шару. (Висота - до 10м) не перевищує 5м / с, що особливо актуально для більшої частини території України. Відображені дослідження з визначення параметрів леєра равнопрочного перетину, сформульована математична задача встановлення параметрів леєра, що гарантують надійність його роботи. Висновок диференціального рівняння, відображає напружений стан леєра. Наводяться результати розрахунків по визначенню ваги леєра для деяких варіантів конструкції. *Ключові слова:* леєр, крило-аеростат, вітросилова установка, система управління станом конструкції.

**On the leeyerni power, high altitude winds used. Lapshin Y.S.** The work is a continuation of a series of articles on the development of new wind energy technology co Kadem staff and postgraduate education department of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, JSC "links" and Kremenchug National University. The essence of these technologies - wind energy high altitudes (5000m) via a kite / balloon. Is a high efficiency of these technologies where average annual wind speed of the surface layer. (Height - up to 10m) is less than 5m / s, which is very important for most of the territory of Ukraine. Displayed study to determine the parameters of Leers full strength intersection formulated mate-matic task settings to be Leers, guaranteeing

reliability th of him. Conclusion differential equation reflects the state of stress Leers. The results of calculations to determine the weight Leers for some design options. *Keywords:* Leers, wing-balloon, Wind-driven setup, system-management as a design theme.

Работа является продолжением серии статей, отражающих разработку новых ветроэнергетических технологий, разрабатываемых совместно сотрудниками академии последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины, СП «Ланко» и Национального кременчугского университета. Суть этих технологий - использование энергии ветра больших высот (5000м) с помощью воздушного змея/аэростата.

Авторского коллектива обосновывает вывод: развитие энергетики в Украине должно происходить за счет повышения внимания к технологии получения биогаза (анаэробное брожение) и ветроэнергетическим установкам. Гелиоэнергетический потенциал Украины мал. Кроме того, увлечение выработки электроэнергии за счет пустынь (стремительное развитие гелиоэнергетики в мире, в том числе и европейские проекты) может привести к нарушению теплового баланса Земли. Поскольку именно пустыни охлаждают Землю в большей степени, чем прочие земные поверхности, атомная энергетика ещё и загрязняет Землю. Минусы энергетики, основанной на сжигании ископаемых углеводородов, общеизвестны.

Рассматриваются различные леерные варианты [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,] возможности, когда конструкции рамы с ветроколесами и генераторами поддерживаются на высоте аэростатом регулируемого объёма. Аэростат совмещен с гибким крылом и, при достаточной силе ветра, работает в

режиме гибкого крыла. На этот период легкий газ из аэростата перекачивается в баллон. Баллон и компрессор могут находиться на высоте либо на земной поверхности. Во втором случае легкий газ от аэростата к баллону подаётся по гибкому трубопроводу (рис. 1).

Доказано, что леер постоянного по длине сечения при длине 5км (для материала с допустимой прочностью на разрыв – 1500кг/см<sup>2</sup> и удельным весом 3т/м<sup>3</sup>) может оборваться под действием собственного веса. А вес леера равнопрочного сечения пяти километровой длины, который выдерживает нагрузку 15000т, сам будет весить 25650т. На этом основании сделан вывод о том, что пока покорение больших высот технически недостижимо. В работе (рис. 2), исследованы возможности многоступенчатой конструкции. Сделан вывод о работоспособности этого варианта и целесообразности выполнения дальнейших работ, направленных на уменьшение стоимости конструкции, повышение её надежности (продление срока службы) и безопасности [11]. В работе рассмотрен один из возможных вариантов конструкции для ветросиловой установки мощностью 1гВт. Однако, результаты расчета (вес материала леера, 168 тыс. тонн, стоимость его \$504млн) свидетельствуют о необходимости поиска путей удешевления конструкции, что и является целью публикации.

### Предмет и методы исследований

В статье рассмотрен тот же вариант электростанции большой мощности, исследование которого отражено в [11]. Основное внимание также уделено теоретическому определению параметров леера. Но в отличие от предшествующей работы авторы рассматривают вариант леера равнопрочной толщины, а не леер с неиз-

менной по его длине площадью поперечного сечения. Кроме того, авторы считают, что практически можно изготовить и поддерживать в эксплуатации крыло/аэростат, обладающий (при той же грузоподъемной силе) меньшим сопротивлением ветру. И это обстоятельство заложено (в качестве исходных данных) в расчет. Кроме того, подкорректировано значение расчетной плотности воздуха

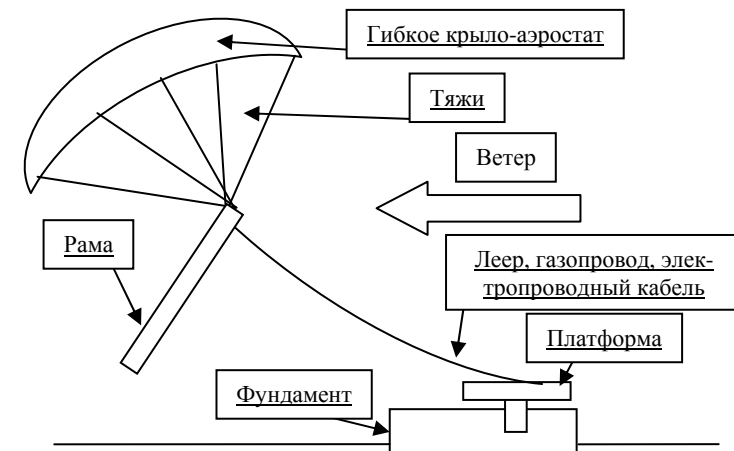


Рис.1.

Схема предлагаемой конструкции представлена на рис. 2. и не отражает реальную картину, поскольку, направление ветра на вертикали такой высоты различно для разных высотных отметок, а иногда и (на приземных участках) противоположно направлению ветра верхних слоев. Авторами эта схема принята к рассмотрению потому, что она представляет собой случай максимальной нагрузки на конструкцию.

Определяем разрывающие леер усилия. Удельная мощность ветрового потока  $M$  определяется выражени-

ем:  $M = mV^2/2$ , где  $m$  – масса воздуха, прошедшая через  $1\text{ м}^2$  живого сечения ветрового потока за единицу времени,  $V$  – скорость ветра. В случае  $M = 0,7 \cdot 25^3 / 19,62 = 557,46 \text{ кгм/с} = 5,46 \text{ кВт}$  и с учетом КПД ветроколес (0,2) получаем, что  $1\text{ м}^2$  перехваченного ветропотока дает возможность получения  $1,09\text{ кВт}$  электроэнергии. Таким образом, для решения этой задачи, требуется перехватить  $0,917\text{ км}^2$  живого сечения ветра. Предположим (запас расчета), что при этом у ветропотока отбирается в 2,4 раза больше энергии, чем требуется для полу-

чения электроэнергии, т.е. 0,48% перехватываемого воздушного потока останавливается системой ветроколес. Импульс силы равен изменению количества движения:  $mV = F_p t$ , где  $F_p$  – сила давления ветра на раму с ветроколесами,  $t$  – время воздействия этой силы. Получаем для нашего случая:

$$F_p = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,917 \cdot 10^6 \cdot 625 / 9,81 = 20 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Этот результат получен как предположение перпендикулярного расположения плоскости рамы относительно направления ветра. Допустим, что вес рамы с находящимся на ней оборудованием будет составлять 15 тыс. тонн (15 кг на 1 кВт мощности).

Тогда для определения горизонтальной составляющей силы, разрывающей леер в его верхней точке, примем предельно большое значение отношения  $F/P = 0,2$ . В этом варианте предположений имеем равенство:

$$F_p + 0,2P = F_r. \quad (1)$$

Т.е.  $F_r = 23000 \text{ т.}$

**Определение параметров леера равнопрочного сечения**

Теоретические исследования выполняются на основе следующих допущений:

-  $F/P \leq 0,2$ , где  $F$  – сила давления ветра на узел, обеспечивающий подъем,  $P$  – подъемная сила этого узла;

- удельный вес материала леера –  $7,8 \text{ т/м}^3$ , допустимое напряжение на

разрыв этого материала –  $4000 \text{ кг/см}^2$  [14];

- характеристики ветра: скорость –  $25 \text{ м/с}$ , удельный вес воздуха –  $0,7 \text{ кг/м}^3$ ;

- мощность ветросиловой установки –  $1 \text{ ГВт}$  при КПД использования энергии ветра –  $0,2$ .

Определим вес леера на участке его свободного провисания, т.е. между точками подвеса, полагая, что действующая на леер собственная ветровая нагрузка мала по сравнению с запасами расчета уже заложенными в нашу расчетную схему, и эту ветровую нагрузку не учитываем, т.е., леер имеет равнопрочное по длине сечение.

**Вывод уравнения осевой линии леера**

Условие равной прочности в каждом поперечном сечении леера выражается следующей зависимостью:

$$F = \sigma S, \quad (2)$$

где  $F$  – разрывающее усилие,  $\sigma$  – допустимое напряжение,  $S$  – площадь поперечного сечения леера. Считаем леер гибкой нитью, уравнение которой –  $y = f(x)$ . Схематически график этой функции представлен на рис. 3. Граничные условия в начале координат:  $x, y$  и  $y'$  равны нулю, горизонтальная составляющая  $F$  равна суммарной ветровой нагрузке и обозначена символом  $F_0$ . Вертикальная составляющая силы  $F$ , которую мы обозначим символом  $F_y$ , в начале координат равна нулю.

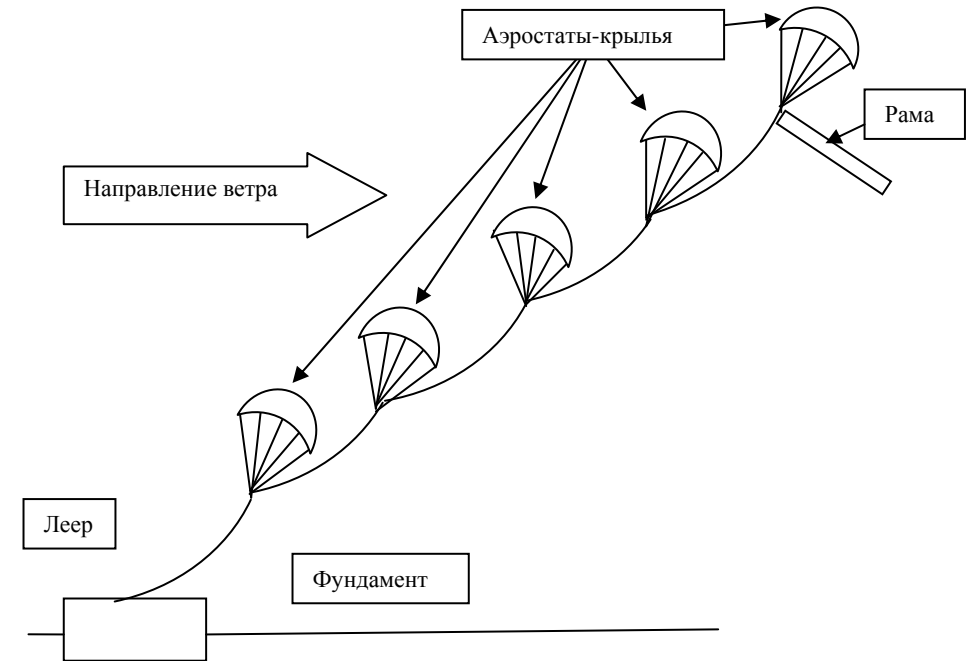


Рисунок 2

Из условия гибкости нити следует:

$$\frac{F_y}{F_0} = \frac{dy}{dx}, \quad (3)$$

Откуда:

$$\frac{dF_y}{dx} = F_0 \cdot y'', \quad (4)$$

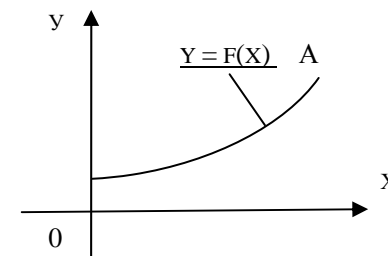


Рисунок 3

Рассмотрим элементарный участок леера длиной  $dl$ .

$$dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \sqrt{1 + (y')^2} dx \quad (5)$$

Из (2) следует:

$$dF = \sigma dS. \quad (6)$$

Сделан вывод: сила давления ветра на леер мала по сравнению с запасом прочности, который обеспечивает наш допуск о превышении силы давления на раму над силой, обуславливающей выработку электроэнергии, (соотношение – 2,4). На этом основании боковое давление ветра на леер не учитываем.

Т.е., горизонтальная составляющая силы  $F$  неизменна на всем участке и равна  $F_0$ . Вертикальная составляющая силы  $F$  изменится в пределах элементарного участка на величину, равную весу данного элементарного участка леера. Т.е. приращение веса элементарного участка можно считать равным:

$$dF_y = \gamma S dl = \gamma S \sqrt{1 + (dy/dx)^2} dx, \quad (7)$$

где  $\gamma$  удельный вес материала леера.

$$F = \sqrt{(F_0)^2 + (F_y)^2}, \quad (8)$$

Следовательно, из (6) и (8) имеем:

$$\sigma dS = \frac{F_y F_y'}{\sqrt{(F_0)^2 + (F_y)^2}} dx \quad (9)$$

откуда:

$$\sigma dS = \frac{y' F_y'}{\sqrt{1 + (y')^2}} dx \quad (10)$$

Из (7) и (10) следует:

$$\sigma dS = r S dy \quad (11)$$

В результате разделения и интегрирования переменных имеем:

$$\ln(S) = \frac{r}{\sigma} y + C \quad (12)$$

При  $y = 0$ ,  $S = S_0$ , значит  $C = \ln(S_0)$ .

Таким образом, параметры леера определяет уравнение:

$$\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) = \frac{r}{\sigma} y \quad (13)$$

Это уравнение можно представить в следующей форме:

$$\frac{S}{S_0} = e^{\frac{r}{\sigma} y} \quad (14)$$

Учитывая, что

$$\frac{S}{S_0} = \sqrt{1 + (y')^2} \quad (15)$$

получаем дифференциальное уравнение осевой линии леера в таком виде:

$$\sqrt{1 + (y')^2} = e^{\frac{r}{\sigma} y} \quad (16)$$

Это – уравнение с разделяющимися переменными.

$$y' = \sqrt{e^{\frac{2r}{\sigma} y} - 1} \quad (17)$$

$$dy / \sqrt{e^{\frac{2r}{\sigma} y} - 1} = dx \quad (18)$$

Но мы не будем его интегрировать, поскольку для наших практических целей более удобными оказываются его эквиваленты – (13) и (17).

### Определение параметров леера (пример)

Горизонтальная составляющая в верхней точке первого (сверху) уча-

стка леера равна 23000т. В силу гибкости леера и принятых нами допущений о малой ветровой нагрузке, непосредственно действующей на леер, имеем:  $S_0 = 23000\text{т}/40000\text{т}/\text{м}^2 = 0,575 \text{ м}^2$ . Результаты расчетов по определению различных вариантов верхней ступени леера сведены в таблицу 1. У читателя может возникнуть недоумение. Действительно, тот факт, что для двух ступенчатой конструкции в нашем примере получен отрицательный эффект, который может только усугубляться с увеличением количества ступеней. Мы говорим о том, что в одноступенчатой конструкции высотой 5000м вес леера 56472т. А суммарный вес леера двух участков конструкции 2500 метровой высоты составляет 59108т. В этом случае проявился недостаток конструкции, вызванный малым значением  $y'$  при приближении линии леера к началу координат. Этот недостаток следует устранить следующим конструктивным решением. Определим участок леера требуемой высоты, который обладает меньшим весом, т.е. определим минимум функции:

$$F_y = F_0 \left( \sqrt{\frac{2y}{\sigma} + 1} - 1 - \sqrt{\frac{2y}{\sigma} - 1} \right), \quad (19)$$

где  $H$  – высота рассматриваемого участка леера. Приравняв нулю значение первой производной правой части последнего уравнения по  $y$ , и решая полученное уравнение относительно  $y$ , получаем значение  $y$ , соответствующее нижней точке участка леера высотой  $H$ :

$$y = \frac{\sigma}{2r} \ln\left(1 + \frac{1}{e^{\frac{2rH}{\sigma}}}\right). \quad (20)$$

Для  $H = 5000\text{м}$  получаем, что  $y = 1061,477\text{м}$ . При этом вес леера составит 54915т. Т.е. уменьшится на 1557т. Но усилие на удержание леера должно быть доведено до 71386т, что вряд ли целесообразно. Иначе обстоит дело с многоступенчатым леером. Для леера, состоящего из двух ступеней (высота -  $H$  каждой из ступеней равна 2500м), длина отброшенного нижнего участка (определяемого по формуле (20)) равна – 820,6335м. Усилие, необходимое для удержания этого участка леера в рабочем состоянии ( $F_y$ ) составит 37440,5т. Вес верхнего участка леера будет равен =23323,837т. Кроме того, нижний участок леера (нижняя ступень) унаследует от верхнего участка подъемное усилие, величиной 14125,67т. Т.е. вес отброшенного нижнего тяжелого и неэффективного участка.

Выполненные авторами теоретические исследования выявили, что лучшими показателями в отношении минимального прироста веса леера на единицу подъема обладает точка,

в которой  $y = \frac{\sigma}{2r} \ln(2)$ , а  $y' = 1$ .

### Дополнительные предложения

Полученные результаты наталкивают на мысль о необходимости теоретического исследования такого варианта леерной многоступенчатой ветроэнергетической установки, в верхних ступенях которой вместо аэростатов будут функционировать (обеспечивая подъемную силу) своеобразные этажерки, полками которых будут легкие конструкции, представляющие по сути крылья планера.

Эти конструкции (обладающие малым весом и отличным аэродинамическим качеством) будут приводиться в рабочее положение и поддерживаться в оптимальном положении вертолетной системой, получающей электропитание (вначале) от наземного источника, а в рабочем состоянии – от собственной электросистемы. В процессе приведения установки в рабочее положение (и вывода из него) генераторы рамы работают в режиме электродвигателей от наземного источника питания, обеспечивая подъем либо мягкую посадку. Следует проверить эффективность рамы, включающей в себя узлы с шарнирным креплением отдельных звеньев.

### Заключение

Доказаны технические преимущества леера равнопрочного сечения перед леером с постоянным по длине сечением. Перспективы очевидны, но предстоит выполнить огромный объем теоретических исследований, затем практических изысканий и следует поспешить ибо это намечающееся направление энергетики, возможно, спасет Украину.

**Задачи дальнейших исследований и разработок** – определение оптимальных параметров конструкции, поиск лучших средств борьбы с обледенением поверхности конструкции, поиск лучшего способа защиты от молний, создание системы мониторинга параметров атмосферы в зоне расположения данной ветросиловой установки, определение оптимальных параметров крыльев аэростатов, разработка автоматической системы управления состоянием крыльев аэростатов, разработка сис-

темы доставки выработанной на высоте энергии к наземным трансформаторам, разработка мер предотвращения повреждения конструкции при приземлении её на период опасных метеорологических состояний или ремонтных работ, разработка мер безопасности на случай возникновения аварийной ситуации, создание действующего макета (уменьшенных размеров) и отработка на нём системы управления состоянием конструкции.

### Литература

1. Розин Н.М. «Параютный ветряк» Доклад на Международной конференции «Возобновляемая и малая энергетика». Москва. 10.06.09.
2. Ардашов С.А. Лапшин Ю.С. Анализ ветроэнергетики Украины и выявление перспектив её развития Матер.ХІ Міжнар. наук.-техн. конфер. «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації» КрНУ ім. М. Остроградського. Кременчук; 2013.
3. Лапшин Ю.С., Степаненко В.Н., Клецов В.В., Юрченко / В.М.; . Авторское свидетельство СССР № 1000583. Ветроэлектростанция. / заяв. 18.11.1981, опубл. 28.02.1983, Бюл. №8.
4. . Авторское свидетельство СССР № 1164458. Устройство для отклонения ветрового потока. /Лапшин Ю.С., Тромшинская Т.Г.; заявл. 28.05.1982, опубл. 30.06.1985, Бюл. № 24
5. . Лапшин Ю.С. Ардашов С.А. Безбашенная ветроэнергетическая установка. Вестник КрНУ им. М. Остроградского. Выпуск 3, – Кременчег;2013.
6. Лапшин Ю.С. Ардашов С.А. об увеличении производительности гидроэлектростанций за счет перекачки воды из нижнего бьефа в верхний бьеф водохранилищ ветросиловыми установками. Вестник КрНУ им. М. Остроградского. Выпуск 5, – Кременчег; 2013
7. Лапшин Ю.С., Лихачев О.К., ГолубцоваН.Ю.. Милецкая С,А. Ветроэнергетическая установка.; Авторское свидетельство СССР № 1021805. Роспатент RU (11) 2045683 (13) С1 (51) 6 F03D11/00 заявл 07.07.1992, опубл. 10.10.1995
8. Лапшин Ю.С.Устройство для отклонения ветрового потока. / ; заяв. 12.09.1980, опубл. 07.06.1983, Бюл. № 21
9. Лапшин Ю.С. К вопросу об эффективности ветроэнергетических технологий, Н.Ж.Екологічні науки, №6, 2014.
10. Лапшин Ю.С. О эффективности леерных ветроэнергетических технологий, Н.Ж.Екологічні науки, №7, 2014.
11. Седых Н.А. Ветер и возобновляемая энергетика. Ж.Винахідник і раціоналізатор, № 1 2012р.–С.7 – 10.
12. Свен Уделл. Солнечная и другие альтернативные источники энергии. Москва, Знание. – 1980. – 88 с.
13. Дж. Твайделл, А.Уейр. Возобновляемые источники энергии. Перевод с английского. Москва. Энергоатомиздат. – 1990. – 392 с.
14. И.К. Кикоин Таблицы физических величин..М, Атомиздат – 1976.

Таблица 1

Высоталеера м	у'	Вес леера т
5000	2,4553367	56472
4000	1,9387666	44591
3000	1,4906341	34284
2500	1,2854926	29554
2000	1,0869549	23979
1500	0,8916222	20507
10000	0,6906376	15884
500	0,4640159	10672

## ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ

УДК 504.4.05/06:577.4;502;338

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕКОТУРИЗМІ

Готинян В.С.<sup>1</sup>, Кучма Т.Л.<sup>2</sup>, Івашина О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,  
[vsgot@ukr.net](mailto:vsgot@ukr.net);

<sup>2</sup>Інститут агроєкології та природокористування НААН,  
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ,  
[tanyakuchma@yahoo.com](mailto:tanyakuchma@yahoo.com)

Розглянуто особливості об'єктів екологічного туризму й ознаки, за якими вони відрізняються від інших видів туризму. Становлення та подальший розвиток екотуризму пов'язані з розробкою спеціальних екотуристичних програм на державному, регіональному і місцевому рівнях, в яких необхідно передбачити створення відповідної інфраструктури з геоінформаційним забезпеченням. Геоінформаційною системою (ГІС). Наведено структуру та перелік основних функцій ГІС, обґрунтовано доцільність використання даних з дистанційного зондування Землі, адже максимальна ефективність впровадження геоінформаційних технологій в екотуризмі може бути досягнута при їх інтеграції з GPS- та Web-технологіями і цифровим картографуванням. *Ключові слова:* екологічний туризм, геоінформаційні технології, дистанційне зондування Землі, екотуризм, GPS- та Web-технології.

**Перспективы использования геоинформационных технологий в экотуризме.** Готинян В.С., Кучма Т.Л., Ивашина Е.В. Рассмотрены особенности объектов экологического туризма и признаки, по которым они отличаются от других видов туризма. Становление и дальнейшее развитие экотуризма связаны с разработкой специальных эcotуристических программ на региональном и местном уровнях, в которых необходимо предусмотреть создание соответствующей инфраструктуры, с геоинформационным обеспечением (геоинформационный (ГИС). приведены структура и перечень основных функций ГИС, обоснована целесообразность использования современных данных дистанционного зондирования Земли, поскольку максимальная эффективность внедрения геоинформационных технологий в экотуризме может быть достигнута при их интеграции с GPS- и Web-технологиями и цифровым картографированием. *Ключевые слова:* экологический туризм, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование Земли, экотуризм, GPS- и Web-технологии.

**Prospects of using GIS technologies in ecotourism.** Gotynyan V., Kuchma T., Ivashina O. The features and objects of ecotourism and the signs by which it differs from other types of tourism are considered. The establishment and further development of eco-tourism are associated with the working-out of special ecotourism programs at national, regional and local levels, which is necessary to provide an adequate infrastructure, with geoinformation systems as one of the important element. An integral part of ecotourism is the use of modern GIS remote sensing data. Basic GIS function and structure is given. It is emphasized that the maximum efficiency of the geographic information technologies implementation in ecotourism can be achieved by integration of GPS, Web- technologies and digital mapping. *Keywords:* eco-tourism, GIS technology, remote sensing, ecotourism, GPS-and Web-technologies.

Останніми роками зростає популярність екологічного туризму (екотуризму) завдяки якому люди вибудовують найбільш гармонійні стосунки з довкіллям без нанесення навколишньому середовищу будь-якої шкоди. У світі екотуристична діяльність перебільшує третину всіх видів туризму [1]. Великої популярності екотуризм набув у Канаді, Іспанії, Франції, Італії, Німеччині, Болгарії, Беларусі, Прибалтиці, Казахстані, Австралії, державах Східної Африки і Латинської Америки тощо.

За визначенням Всесвітньої туристичної організації, екологічний туризм – «це подорож у відносно непорушені господарською діяльністю людини куточки природи з метою спостереження, вивчення рослинного і тваринного світу та ознайомлення з культурними цінностями» [2].

Екотуризм відрізняється від звичайного такими ознаками [1]:

- за жодних обставин докільню не має бути завдано шкоди;
- навколишнє природне середовище є основним об'єктом спостереження (гори, печери, озера, рослинний і тваринний світ тощо);
- раціональне ставлення до природних ресурсів;
- обережне й поважне вивчення релігійних та культурних традицій місцевого населення;

- сприяння економічному розвитку та одержання прибутку місцевими громадами, який частково використовується на підтримку туристичних об'єктів [1].

Об'єктами екотуризму є території та об'єкти різних категорій природно-заповідного фонду: біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи та садово-паркового мистецтва, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні та зоологічні парки, лісові масиви тощо.

Україна має потужний потенціал для розвитку цього перспективного виду туризму: загальна площа природно-заповідного фонду становить близько 5% її території (30 тис.км<sup>2</sup>), кількість територій та об'єктів різних категорій - 7345, з них загальнодержавного значення – 606 [2].

Становлення та подальший розвиток екотуризму пов'язані з розробкою спеціальних екотуристичних програм на державному, регіональному і місцевому рівнях, в яких необхідно передбачити створення відповідної інфраструктури. Важливим елементом таких програм має стати геоінформаційне забезпечення. Це впливає з просторового характеру інформації про об'єкти екотуризму та необхідності їх координатної прив'язки.

Основою геоінформаційного забезпечення має стати створення і використання відповідної геоінформаційної системи. Геоінформаційні системи (ГІС) - це комп'ютерні інформаційні системи, які забезпечують одержання, зберігання, обробку, аналіз, доступ, відображення та розповсюдження геопросторових даних.

До обов'язкових ознак ГІС належать:

- просторова (координатна) при-

в'язка даних;

- відображення просторово-часових зв'язків об'єктів;
- можливість оперативного оновлення баз даних;
- створення нової інформації шляхом аналізу та синтезу наявних даних;
- забезпечення можливості прийняття рішення.

Основні функції ГІС показано на рис. 1.

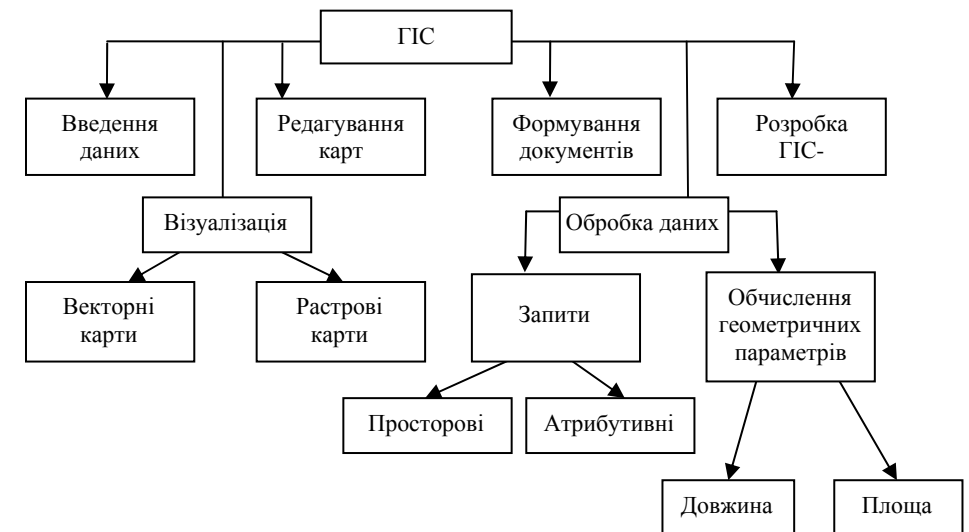


Рис. 1. Основні функції ГІС

Структура ГІС складається з набору інформаційних шарів. Шар - це сукупність однотипових просторових об'єктів, які належать до однієї теми чи класу об'єктів у межах певної території та в системі координат, спільної для всіх шарів.

При створенні ГІС велике значення має вибір базових шарів, які в подальшому повинні використовуватися для суміщення та узгодження всіх даних. До базової належить інформація, яка відображається на стандартних топографічних картах відповід-

ного масштабу. Зазвичай, це такі дані [4]:

- планова та висотна основи;
- рельєф суші;
- гідрографія і гідрографічні споруди;
- населені пункти;
- промислові, сільськогосподарські і соціально-культурні об'єкти;
- дорожня мережа і дорожні споруди;
- рослинність і ґрунти;
- адміністративний устрій, окремі природні явища та об'єкти.

Карти повинні відповідати «Нормативам по створенню електронних карт місцевості для різних масштабів» і кадастру затвердженими Державною службою геодезії і картографії та Міністерством надзвичайних ситуацій України в 1998 році. Основна мета введення цих «Нормативів...» полягає в уніфікації інформаційної структури даних для потреб створення електронних карт відомчого призначення.

Зміст інформації, яка не є базовою і включається до предметно-орієнтованих ГІС, визначається їх призначенням. Досить чітко його можна окреслити за допомогою списку функціональних задач, для розв'язання яких залучаються ГІС-технології, що мають принципово нові інформаційні можливості щодо екотуристичної діяльності. Для їх реалізації до відповідної ГІС необхідно включати інформацію про характеристики туристичних об'єктів і заповідних територій. Склад та інші характеристики такої інформації суттєво залежать від великої кількості особливостей, притаманних конкретному регіонові.

Для зображення на площині просторових даних, що знаходяться на сферичній поверхні Землі, розроблено різні картографічні проєкції, кожна з яких характеризується співвідношенням кутів, площ, відстаней, напрямів. Найбільше застосування в ГІС має універсальна поперечна система проєкцій і координат Меркатора, яка використовується також при роботі з матеріалами ДЗЗ, у базах даних природних ресурсів тощо і забезпечує точні вимірювання в метричній системі. Крім метричних даних, для опису об'єктів необхідно викори-

стовувати також атрибутивну інформацію - елементарні дані, які є певними характеристиками (назвами, чисельними значеннями, графічними ознаками, датами). Зберігається атрибутивна інформація у вигляді таблиць, посилань тощо.

До важливих характеристик геоінформаційних систем належать особливості реалізації в їх середовищі функцій просторового аналізу та запитів. Останні дають змогу формувати множину різних об'єктів, у тому числі й просторових, на базі заданих критеріїв, які, в свою чергу, також можуть формуватись у категоріях просторових відношень. Найпростіша форма просторових запитів полягає в отриманні характеристик об'єкта за вказівки його курсором на моніторі і, навпаки, коли відображаються об'єкти із заданими атрибутами. У розвинутих ГІС-платформах можна відбирати об'єкти за певними ознаками, наприклад, віддалення від одного з них, сусідства, співпадання по заданих критеріях тощо.

Окрім інформаційного забезпечення та супроводу туристичних об'єктів, ГІС є потужним аналітичним інструментом, який може ефективно використовуватись для планування туристичної діяльності та інфраструктури з найменшим навантаженням на навколишнє природне середовище та дику природу. Ряд аналітичних методів ГІС, зокрема, аналіз картографічного накладання, аналіз місцезнаходження та близькості, аналіз геометрії об'єктів застосовують для розробки туристичних маршрутів та вибору місць побудови нових об'єктів туристичної інфраструктури. Наприклад, картографічне накладання (або оверлейний аналіз), що

полягає у комбінуванні різних шарів просторової інформації у поєднанні з аналізом місцезнаходження (виявлення локалізації об'єктів визначеної категорії), дає змогу вибирати території, на яких дозволено будівництво, або таких, що віддалені не більше ніж на 500 метрів від джерел з лікувальною мінеральною водою, та не ближче 300 метрів до автомагістралі з інтенсивним рухом автотранспорту, та співставляти їх з рельєфом, розподілом середньорічної температури, вологістю ґрунту для вибору місця будівництва нового пансіонату.

Аналогічно аналіз віддалі дає змогу в автоматизованому режимі виявляти об'єкти і території, які знаходяться у межах установленної відстані, що може вимірюватися по прямій або по поверхні рельєфу чи мережі доріг, річок тощо. При цьому мірою розрахунку може бути не тільки відстань, але й час та вартість, що дозволяє, наприклад, прокласти маршрут екостежки у природному заказнику чи національному парку, який буде прокладений через визначені ландшафтні об'єкти та проходження якої пішки займатиме не більше 2-х годин.

Базування на індексах ландшафтно-ї структури (ландшафтних метриках), розрахованих за допомогою ГІС, робить можливим виконання кількісної оцінки різних моделей землекористування для вибору такого проекту розвитку інфраструктури, який завдаватиме найменшого впливу на природне середовище та сприятиме збереженню біорізноманіття. До основних індексів, які дозволяють аналізувати та прогнозувати зміни у структурі ландшафту та природних територій, належать: індекс різнома-

нітності середовища існування (кількість типів середовища існування на одиницю площі), індекс неоднорідності території (кількість фрагментів класів землекористування), загальна довжина меж класів ґрунтово-рослинного покриву (довжина екоотну у агроландшафті), індекс Шенона (мінливість ландшафту, пов'язана з типом біотопів та частка природних територій та земель з інтенсивною господарською діяльністю людини), середній розмір фрагмента класу землекористування та індекс дисперсії (неоднорідність розподілу типів біотопів). Порівняння значень цих індексів, розрахованих для різних моделей організації територій, надає можливість кількісно обґрунтувати оптимальну структуру території та планувати екомережі, розробляти необхідні заходи для забезпечення збереження та збільшення ландшафтного та біологічного різноманіття, що є одним із основних екотуристичних ресурсів.

Створення екотуристичних ГІС передбачає:

- збирання вхідного матеріалу;
- вибір чи створення електронної карти (основи ГІС). За відсутності карти необхідно знайти придатне растрове зображення потрібної місцевості та провести його цифрування і векторизацію. При цьому обов'язково слід використовувати сучасні дані дистанційного зондування Землі.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) - це одержання інформації про різні об'єкти та динамічні процеси й явища на поверхні Землі, в її надрах і атмосфері шляхом реєстрації відбитого або власного електромагнітного випромінювання на відстані без без-



посереднього контакту. Реєстрація може виконуватися за допомогою технічних засобів, встановлених на повітряних або космічних носіях. Методи ДЗЗ з космосу характеризуються такими перевагами:

- висока оглядовість, можливість одержання одночасної інформації про великі території;
- можливість переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу показників;
- можливість одержання інформації про важкодоступні райони.

Важливою тенденцією в розвитку ДЗЗ є суттєве покращення просторового розрізнення зображень, які одержуються з космосу. На сьогодні вже доступні дані з різницею в 1 м. З огляду на те, що еко туристи потребують дані із різницею понад 3 м, то це дає змогу широко використовувати такі космічні знімки:

- наповнення електронної карти картографічною та атрибутивною інформацією-адміністративні одиниці (границі областей, районів, міст дороги тощо), адреси туристичних об'єктів, опис маршрутів, стан довкілля та ін.). Інформацію заносять в атрибути об'єктів карти та в базу даних ГІС;

- ГІС - аналіз - розв'язання задач обробки та моделювання даних з використанням ГІС-забезпечення, часовий та просторовий аналізи, що дає змогу оцінити час, кошти, ресурси тощо;

- візуалізація вхідних даних та результатів розв'язання задачі - використання можливостей ГІС у візуалізації як вхідних даних, так і резуль-

татів досліджень: побудова карт та діаграм, побудова тривимірних статичних та рухомих зображень.

Необхідно також використовувати окремі шари інших ГІС з інформацією природно-заповідного характеру. Прикладом такої ГІС може бути геоінформаційна система земельного фонду Національного природного парку (НПП) «Перлина Волині й Поділля», що розташована в межах Здолбунівського, Острозького та Дубнівського районів Рівненської області [5]. Його площа охоплює низку природно-заповідних територій різних категорій, природні комплекси відзначаються багатством тваринного та рослинного світу, унікальністю біорізноманіття та відображають основні риси Малого Полісся України. За попередніми даними на території парку зафіксовано понад тридцять видів Червонокнижних рослин, реліктові види флори, 146 видів птахів, декілька пам'яток природи місцевого значення. Серед об'єктів НПП, які являють собою туристичний інтерес, грабово-дубові ліси, екосистеми боліт, виходи вапнякуватих пісковиків. Ландшафти парку мають високий рекреаційний потенціал.

Використання даних ДЗЗ в еко туризмі вимагає відповідного напрацювання методики і технології, зокрема, для нового виду дешифрування - туристичного.

Туристичне дешифрування космічних знімків - це вид тематичного (галузевого) дешифрування, в процесі якого виділяються та розпізнаються спеціальні (цільові) об'єкти, що мають туристичне значення. Такими об'єктами можуть бути звичайні стежки, якщо ними здійснюється пішохідний маршрут, річки для водного

туризму, геологічні пам'ятки для природознавчого туризму, архітектурно-історичні пам'ятники тощо.

Одночасно з інформацією туристичного характеру на знімках можуть виділятися у спрощеному вигляді елементи топографії для прив'язки туроб'єктів, оновлення застарілої картографічної основи або ж її створення, коли вона відсутня.

За аналогією з іншими видами туристичне дешифрування може бути візуальним (при роботі із зображеннями на твердих носіях) та автоматизованим (інтерактивним) у разі роботи з цифровими зображеннями. Для виділення тих чи інших об'єктів використовуються певні дешифрувальні ознаки, які можуть бути прямими (яскравість, колір, розміри, форма, малюнок, структура, текстура) та опосередкованими, непрямыми, наприклад, коли заболочені ділянки розпізнаються за певним типом рослинності.

Для різних класів туристичних об'єктів необхідно визначити відповідні еталонні ознаки, за якими в процесі дешифрування виконується порівняння тих чи інших ділянок зображення. Залежно від умов, в яких здійснюється туристичне дешифрування, воно може бути камеральним або польовим. В останньому випадку дешифрування виконується безпосередньо в процесі туристичного маршруту.

У методі автоматизованого дешифрування велике значення має створення для певних класів туроб'єктів набору спектральних образів. Ними є точки в багатовимірному просторі, компонентами якого є значення яскравості в різних спектральних діапазонах. Значення яскравості певних

об'єктів у такому просторі утворюють окремі кластери (класи). Для їх розпізнавання в різних програмах обробки зображень існують спеціальні процедури класифікації.

Складовою геоінформаційних технологій можна вважати GPS-технології. Аббревіатура GPS (Global Positioning System) характеризує можливість оперативного визначення просторових координат об'єктів за допомогою штучних супутників Землі. Це дає змогу розв'язувати широке коло різноманітних задач туристичного характеру. Супутникові системи GPS-навігації з'явилися в другій половині минулого сторіччя. Завдяки сучасним досягненням мікроелектроніки створено малогабаритні та недорогі GPS-приймачі або навігатори.

На сьогодні чинною є навігаційна мережа США NAVSTAR. Європейське співтовариство розпочало розгортання власної навігаційної мережі GALILEO, а Росія продовжує розвивати розпочату ще наприкінці минулого сторіччя мережі ГЛОНАСС Україна також бере активну участь у створенні мережі GALILEO. Нещодавно між США та ЄС досягнуто домовленість, за якою буде забезпечена сумісність систем GALILEO та GPS. Для цього в обох системах буде використовуватися дубльований мультиплексний двійковий сигнал несучої частоти. Завдяки цьому в майбутньому на один і той же приймач користувачі зможуть приймати сигнал від обох систем, що суттєво підвищує точність визначення координат.

Особливості GPS-технологій дозволяють використовувати їх у туристичній діяльності. Це:

- уточнення місцеположення різ-

них об'єктів, екотуристичних територій (меж, координат природно-заповідного фонду, небезпечних ділянок тощо);

- створення та оновлення туристичної картографічної продукції та геоінформаційних систем;
- створення електронного туристичного гідів;
- здійснення туристичних маршрутів;
- моніторинг туристичних маршрутів з метою забезпечення їх безпеки;
- пошуки туристів, що зникли при надзвичайних ситуаціях.

Найбільшої ефективності використання ГІС-технологій досягають при їх поєднанні з Web-технологіями.

На сьогодні органи влади, різні установи та більшість організацій мають у Мережі свої Web-портали та Web-сайти, а невеликі підприємства зберігають свої Web-сторінки на Web-сайтах інших організацій.

Упровадження Web-технологій в екотуристичну діяльність має охопити всю інфраструктуру цього виду туризму та здійснюватися в декілька етапів [4]:

- формулювання цілей та завдань створення Web-порталів на державному рівні, в регіонах і Web-сторінках на місцях;
- розробка попереднього варіанта технічного завдання (ТЗ), в якому відображається вся інформація щодо Web-продукту: як він має виглядати, що на ньому буде представлено, його можливості, сервіси, пошукова система, електронна пошта, рекламна сторінка тощо;
- визначення механізму, який дасть можливість оновлювати інформацію швидко та зручно. За допо-

могою такого механізму матеріали зможе оновлювати та поповнювати не тільки Web-дизайнер або програміст, а й практично кожний фахівець, який відповідає за певну рубрику;

- складання та узгодження детального кінцевого варіанта ТЗ, який має містити всі вимоги до дизайну, навігації та змісту Web-продукту;
- розробка та узгодження дизайну;
- затвердження протоколу дизайну;
- розробка та тестування механізму публікатора;
- тестування готового Web – продукту;
- введення Web-продукту в експлуатацію.

Серед інформаційних туристичних ресурсів (Web-продуктів, рекламних матеріалів, путівників тощо) важливе місце займає картографічна продукція.

На українському картографічному ринку відчувається нестача якісних картографічних матеріалів краєзнавчого і туристичного змісту, особливо іноземних. Це - велика втрата для туристичної галузі загалом, адже відвідини туристичного об'єкта починаються із знаходження його положення на карті.

Щорічно зростає кількість іноземних туристів, які відвідують Україну організованими групами та самостійно (стихійними невеликими групами). Перші користуються послугами туристичних агенцій, які, у свою чергу, повинні мати велику базу іноземних інформаційних матеріалів, у тому числі картографічних. Туристи, які приїжджають в Україну самостійно, повинні повсюдно мати доступ до туристичної інформації і, в першу чергу, до картографічної для

планування своїх маршрутів та мандрівок в Україні.

Туристичне картографування в Україні стикається з певними проблемами, які дещо гальмують його розвиток. Це, передусім:

- відсутність конкуренції серед виготовлювачів та видавців картографічної продукції;
- відсутність комплексних баз даних туристичних об'єктів та туристичної інфраструктури, які необхідно наносити на карти;
- порівняно висока вартість створення іноземних туристичних карт;
- наявні туристичні картографічні матеріали, які видані, переважно, українською та російською мовами, що значно звужує коло користувачів, а відтак - кількість іноземних відвідувачів туристичних об'єктів;
- невідповідність створених іноземних туристичних карт стандартам, до яких звикли іноземні туристи.

Важливими вимогами до таких карт є:

- можливість вибору мовного варіанта карти;
- простота у користуванні; зручний формат; різні масштаби (детальність та охоплюваність території);
- доступна (але максимально інформативна) система умовних позначень;
- тематичне навантаження (зміст карти).

На сьогодні у зв'язку з розвитком систем цифрової картографії, географічних інформаційних систем, систем GPS, збільшенням картографічних публікацій з використанням Інтернет та мультимедіа можливості для використання картографічних

технологій і картографічної продукції у екотуризмі значно зросли.

Цифрові карти – це карти, придатні для використання на комп'ютерах у середовищі ГІС або спеціальних програмах. Вони мають багато переваг над паперовими:

- можна легко змінювати масштаб цифрових карт, створювати єдине зображення без «нарізки» на аркуші;
- завдяки тому, що інформація організована у вигляді тематичних шарів, можна легко додавати необхідну інформацію і, навпаки, вилучати зайву на даний момент інформацію;
- можна здійснювати пошук об'єктів по карті за назвами або певними критеріями;
- дані легко аналізувати, застосовуючи автоматичні вимірювання, методи геостатистики, оптимізації тощо;
- цифрові карти можна представляти як компоненти баз геоданих і пов'язувати атрибутивні дані (дані про об'єкти, зображені на карті) з існуючими базами даних на MS Access, Oracle, SQL тощо;
- цифрові карти можна доповнювати гіперпосиланнями, фотографіями, відео та іншими видами мультимедіа;
- цифрові карти і бази геоданих ефективно розміщуються на спеціалізованих Інтернет-сайтах.

Важливі завдання, які можна вирішувати за допомогою цифрової картографії:

- підтримка ведення Державного кадастру природних заповідних територій України;
- здійснення контролю за господарською діяльністю у межах приро-

дно-заповідних територій, округів і зон;

- розширення екотуристичного потенціалу окремих областей і районів, визначення нових об'єктів, які могли б використовуватися для оздоровчого, лікувального, пізнавального, активного туризму; актуалізація даних про об'єкти туристичної інфраструктури, розрахунок фактичної і потенційної кількості туристів;

- розробка туристичних маршрутів та освоєння нових туристичних напрямків;

- посилення безпеки туристів, контроль за пересуванням туристичних груп з використанням пристроїв супутникової навігації.

У цифровій картографії поширюється використання технології мультимедіа. Можливості мультимедіа дозволяють суттєво доповнити, а під час і кардинально змінити зміст (контент) сайтів туристичних установ. Використання серій карт, таблиць, фотографій, відеороликів, звукових фрагментів дозволяє туристові отримати значно детальнішу інформацію про туристичні об'єкти, природні умови, готелі, розважальні заклади, можливості для активного відпочинку, окремі туристичні маршрути. Такі системи вводяться в дію завдяки засобам мультимедіа - мові сценаріїв, зображувальному управлінню потоком, даних та гіпермедіа-посиланням.

1. Найбільший ефект від застосування ГІС-технологій може бути досягнутий при створенні екотуристичних Web-продуктів, зокрема, Національного екотуристичного Web-порталу, екотуристичних Web-сайтів в регіонах, Web-сторінок екотуристичних об'єктів.

Впровадження Web-технологій дозволить вирішити такі проблеми в екотуристичній галузі:

- організувати документообіг;
- забезпечити продаж екотуристичних послуг через Інтернет;
- здійснювати маркетинг та рекламну діяльність;
- забезпечувати зв'язок засобами електронної пошти;
- організувати інформування про екотуристичні послуги та наявні турпродукти;
- гарантувати більш надійну безпеку туристичних маршрутів;
- забезпечити постійні міжнародні контакти та міжнародне співробітництво.

2. Створення та ведення кадастру екотуристичних ресурсів. Таке завдання може бути виконане лише з використанням сучасних інформаційних технологій та даних ДЗЗ. Зокрема, в програмних засобах ArcGis передбачено спеціальний модуль, який забезпечує вирішення проблем кадастру.

3. Моніторинг екотуристичних територій засобами ГІС і дистанційного зондування дозволить значно розширити можливості органів виконавчої влади і контролюючих органів у цій сфері.

Використання при створенні екотуристичних ГІС, стандартів та форматів, які мають бути узгоджені з відповідними вимогами для створення Національної інфраструктури геопросторових даних [6], дозволить об'єднати всі ГІС засобами Web-технологій в єдину ієрархічну мережу, інформаційними ресурсами якої зможуть користуватися як в Україні, так і умови мовного забезпечення за кордоном.

4. Створення карт і атласів (цифрових і друкованих) екотуристичного потенціалу регіонів України, які можуть використовуватися, з одного боку, вітчизняними та іноземними туристами, а з іншого - фахівцями державних і недержавних установ, що надають послуги у цій сфері. Ці картографічні твори мають суттєво відрізнятися від звичайних загальногеографічних карт та планів міст. Карти для екотуристів повинні містити вичерпну інформацію про екотуристичну інфраструктуру і можливості для екотуризму, розкривати екотуристичний потенціал областей і регіонів, планувати маршрути поїздок, екскурсій, допомагати розвивати екотуризм і відпочинок у межах природно-заповідного фонду.

5. Створення цифрових карт для використання у кишенькових комп'ютерах, автомобільних навігаційних пристроях GPS та інших GPS, які використовують туристи для актив-

ного відпочинку, спортсмени. Зараз власники пристроїв супутникового позиціонування використовують здебільшого звичайні (часто застарілі) топографічні карти, доступні на аматорських сайтах у мережі Інтернет. Їм на заміну мають прийти спеціальні електронні карти, які інформуватимуть туристів про розташування пам'яток природи і заповідних урочищ і всі об'єкти екотуристичної інфраструктури, автомобілістів, про розташування автозаправних станцій, станцій техобслуговування, готелів та кемпінгів, закладів харчування, можливу небезпеку на дорогах.

Важливо, що реалізація запропонованих заходів з впровадження сучасних геоінформаційних технологій в екотуризмі не потребує ні значних коштів, ні тривалого часу. Необхідно повною мірою скористатися тими наробками та досвідом, які на сьогодні є в організаціях різних відомств.

### Література

1. <http://ekoturizmtut.ru/> (стор. 1,2).
2. Екологічна енциклопедія. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2008. Т. 3, – 472 с. (стор. 150, 308).
3. Екологічна енциклопедія. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2007. Т.2, – 416 с. (додатки 3,4).
4. Перспективи використання сучасних інформаційних технологій в туристичній діяльності / Матеріали семінару (14-16 серпня 2007 р.) – Дунаєвці: ДНВЦ «Природа», 2007. – 91 с. (стор. 5-12, 20, 21, 43, 51, 52, 58, 62, 63, 78).
5. Створення геоінформаційної системи земельного фонду проєктованого національного природного парку «Перлина Волині й Поділля»./Можливості сучасних ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішенню проблем Рівненщини. Матеріали регіональної наради (12-14 грудня 2006 р.).[Готинян В.С., Мельник І.В., Шандра О.В., Комолятова А.Д.] – Рівне: ДНВЦ «Природа», 2008. – С. 53-55. (стор. 54).
6. Карпінський Ю.А. Стратегія формування Національної інфраструктури геопросторових даних в Україні./ Ю.А. Карпінський, А.А. Ляшенко – К.: НДІГК, 2006. – 108 с. (стор. 12).

УДК 504.06:504.061:551.5

## МОЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ТРАНСКОРДОННОГО ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ ХОТИСЛАВСЬКОГО КАР'ЄРУ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ РЕГІОНУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОКОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Бондар О.І., Машков О.А., Пашков Д.П.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м.Київ,  
dei2005@ukr.net

Для екологічного моніторингу та дослідження транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру запропоновано використовувати космічні технології спостереження Землі. Регіон Хотиславського кар'єру розглянуто як складну екологічну систему. Для визначення ризиків та проведення оцінок можна використовувати багатоспектральні зображення космічних систем дистанційного зондування Землі. На основі обробки даних дистанційних систем оптико-електронного спостереження зроблено висновки та надано рекомендації щодо транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру на стан довкілля регіону. *Ключові слова:* екологічний моніторинг, транскордонний вплив, навколишнє середовище, аерокосмічний моніторинг, дистанційне зондування Землі.

**Возможности оценки трансграничного влияния деятельности Хотиславского карьера на состояние окружающей среды региона на основе использования данных аэрокосмического мониторинга.** Бондарь А.И., Машков О.А., Пашков Д.П. Для экологического мониторинга и исследований трансграничного влияния деятельности Хотиславского карьера предложено использовать космические технологии наблюдения Земли. Регион Хотиславского карьера рассматривается как сложная экологическая система. Для определения рисков и проведения оценок можно использовать многоспектральные изображения космических систем дистанционного зондирования Земли. На основе обработки данных дистанционных систем оптико-электронного наблюдения сделанны выводы и даны рекомендации по трансграничному влиянию деятельности Хотиславского карьера на состояние окружающей среды региона. *Ключевые слова:* экологический мониторинг, трансграничное влияние, окружающая среда, аэрокосмический мониторинг, дистанционное зондирование Земли.

**Possibilities of estimation of transfrontal influence of activity of Хотиславского of quarry and possible risks on the state of environment on the basis of data of the aerospace monitoring.** O.I. Bondar, O.A. Mashkov, D.P. Pashkov For realization of the ecological monitoring and researches of transfrontal influence of activity of Хотислав of quarry of предлагается to use space technologies of supervision of Earth. The region of Хотислав of quarry must be examined as a difficult ecological system. For determination of risks and realization of estimations it maybe to use the multispectral images of the space systems of the remote sensing of Earth. On the basis of treatment of these controlled from distance systems of optical-electronic supervision сделанны conclusions and наданы recommending of relatively transfrontal influence activity of Хотислав of quarry are in relation to the state of environment of region. *Keywords:*

ecological safety, transfrontal influence, surrounding среда, аэрокосмический monitoring, remote sensing of Earth.

Одним із екологічно чистих місць в Україні є Шацький природний національний парк. Особливістю Шацького природного національного парку є унікальна заповідна екосистема, яка включає Шацьке приозер'я як одне із найбільших у Європі (рис.1) [1, 2]. Шацький природний національний парк створений у 1983 році для охорони рідкісного природного комплексу, який розташований на 32500 гектарах та включає особливу флору і фауну, що створюють можливість у заповідній зоні зберегти унікальні види тварин та савців, які занесених до Червоної книги [1, 2, 3].

Шацькі озера Шацького природного національного парку створюють

групу з понад 30 озер льодовикового походження у Волинській області, в межиріччі Прип'яті та Західного Бугу [3, 4, 5]. Найбільшим, найглибшим (до 58 метрів) і найчистішим озером України – «Світязь». Його називають «українським Байкалом» та «блакитними очима Полісся». Воду цього озера по праву вважають цілющою, адже вона містить йод, срібло і гліцерин. Унікальні види берегів Шацьких озер (рис. 2) дозволяють створити розвитку нетільки природну охоронну зону [6], а й туристичну інфраструктуру для відпочинку та лікування населення.



Рис. 1. Схема Шацького природного національного парку



Рис. 2. Фотопейзажи видів Шацьких озер

### Хотиславський кар'єр як складна екологічної системи регіону

Безпосередньо біля кордону з Україною (за 25 км від озер заповідника), південніше населеного пункту Хотислав Малоритського району Брестської області в 1994 р. було запроектовано та розпочато будівництво потужного комплексу з видобутку та виробництву будівельних матеріалів, в який входять кар'єр "Хотиславський" та виробничі потужності (рис. 3, 4) [7, 8].

Розробка Хотинського кар'єру здійснюється за державним проектом в інтересах вищого керівництва Білорусі, оскільки, за даними експертів, балансові запаси промислових категорій, доступних до відкритої розробки, становлять 26281,4 тис. м<sup>3</sup> піску та 38816 тис. м<sup>3</sup> крейди. При цьому крейда дуже якісна, придатна не тільки для виробництва будматеріалів, але й парфумерії [8, 9].

Розробка родовища поки що використовується лише для видобутку

піску. Насьогодні освоєно ділянку у 4,5 га глибина його 12 метрів. Відкритий шар крейди, ще не зачеплений. За проектом глибина його становитиме біля 43 метрів на площі 95 га.

Крім того, Хотиславське родовище має близько 500 мільйонів тонн запасів високоякісної крейди, вапняку, пісків високих фракцій. Вапняк найкраще підходить для виробництва цементу. Крейда в Хотиславському родовищі чиста – 96 відсотків. Це дуже цінний матеріал для будівельної галузі. Через високу якість крейди її можна використовувати також у хімічній, лакофарбовій промисловості, медицині, для розкиснення ґрунтів і виробництва комбікормів у сільському господарстві. Кар'єр являє собою шар чистого кварцового піску, придатного для виготовлення виробів з залізо- і силікатобетону. За різними оцінками, корисні копалини зберігаються на площі не менше 2 тис. га. На сьогодні розвідано лише 400 га, розробляти які, за оцінками фахівців, можна близько двохсот років.



Рис. 3. Хотиславський кар'єр



Рис. 4. Хотиславський кар'єр

### Постановка проблеми та дослідження наслідків впливу

Результати досліджень свідчать, що подальша розробка кар'єру та бу-

дівництво Хотиславського комбінату може стати серйозною екологічною загрозою для Шацького національного природного парку та зачепити частину території Польщі. За даними ек-

спертів, в озерах Шацького регіону, які розташовані найближче до Хотиславського кар'єру, вже спостерігається зниження рівня водообміну у 5-6 разів (рис. 5). Насьогодні є сигнали про те, що вже відбувається негативний вплив на довкілля України. Існують небезпека зневоднення території Національного заповідника "Шацькі озера" та ймовірність сейсмологічної загрози [8, 9].

Якщо комплекс запрацює на повну потужність, то зміни можна буде побачити і відчути лише за кілька років. Територія, на якій розробляється кар'єр, розташована нижче, ніж самі озера. Спрацює так званий принцип лійки: підземними каналами світязька вода просочуватиметься в білоруську улоговину. Це може призвести до пересушення ґрунтів на полях і лісах. Крім того, на території кар'єру перетинаються підземні водоносні системи питної води, які об'єднують кар'єр та озера у єдину прадавню долину стоку, що має зріз в крейдових нашаруваннях до 60 м і є зоною підвищеної водопровідності підземних вод і може при водопониженні в кар'єрі призвести до обміління озер та їх загибелі, а в разі кар'єр перетину водоносних горизонтів порушити четвертинні та верхньокрейдяні породи, які виступають основним джерелом питного водопостачання. Плановий водовідлив при осушенні кар'єру за проектом становив у перший рік розробки 10 тис м<sup>3</sup>/добу з подальшим збільшенням до 48 тис м<sup>3</sup> /добу, що мало призвести до пересушення на території України 40 тис га сільськогосподарських та лісових угідь, у тому числі 12 тис. га меліоративних земель, що може викликати зниження врожайності сіль-

ськогосподарських культур на 50%, а приріст деревини на 2 тис м<sup>3</sup>/га. В зону впливу кар'єру потрапляє 11 населених пунктів, в побутових криницях яких може зникнути вода.

Найбільша небезпека, яка загрожує каскаду Шацьких озер через добування крейди білорусами – зниження рівня ґрунтових вод, що може викликати обміління Шацьких озер. Озера мають карстове походження, утворилися у великий льодовиковий період і пов'язані між собою. Якщо трапиться щось із одним озером, то постраждають й інші, адже територія, на якій розробляється кар'єр, розташована нижче, ніж Шацькі озера. Крім того, екосистема регіону має повільний водообмін і все, що змивається з берегів, осідає на дні. Це може призвести до виділення декількох зон від поверхні до дна, в яких відбуваються свої процеси. Тому будь-яке порушення цієї рівноваги призводить до повної загибелі флори, фауни та зміни екологічного стану озер.

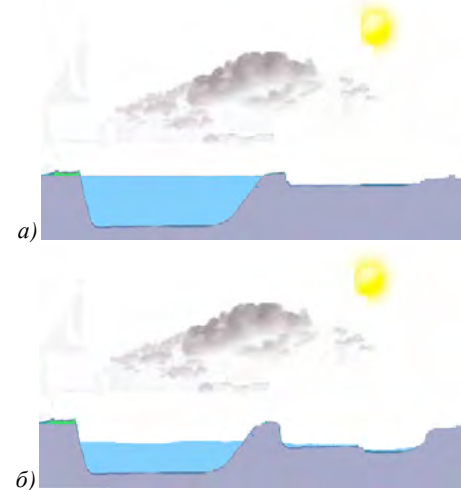


Рис. 5. Існуюча (а) та прогнозована (б) екосистема Шацьких озер

На сьогодні навіть якщо роза вітрів повертається із Білорусі, то важкі метали, зокрема плумбум, калій, сполуки сірки доносить до Шацьких озер і вони осідають у донних відкладах. Тому зараз у Шацьких озерах накопичилися як радіонукліди, так і важкі метали.

Під вплив господарської діяльності на Хотиславському кар'єрі можуть потрапити територія у радіусі до 30 кілометрів. Для Волині це може привести до величезною катастрофою. Взагалі може зникнути озеро Святє. Головна гордість краю – озеро Світязь – ймовірно обміліє і втратить більшу частину плеса.

Розробка родовища може призвести до пересушення на території України 40 тисяч гектарів сільськогосподарських та лісових угідь. Це може викликати зниження урожайності сільськогосподарських культур на 50%. В зону впливу кар'єру потрапляє 11 населених пунктів, в побутових криницях яких, ймовірно, зникне вода. Також можуть зникнути гриби та ягоди. У разі зникнення чорничників у соснових лісах жителі позбудуться одного з найпоширеніших промислів, а з обмілом каскаду Шацьких озер Волинь позбудеться й потоку відпочиваючих, яких зараз приваблює Світязь.

Від зниження рівня ґрунтових вод можуть постраждати унікальні вільхові і соснові ліси у Поліській зоні. Проте за 25-40 кілометрів від кар'єру знаходяться різноманітні заказники та пам'ятки природи. В ймовірній зоні впливу Хотиславського кар'єру було виявлено 7 видів рослин та 6 видів тварин, занесених до Червоної книги.

Щодо водообміну основних озер (Світязь, Пулемецьке, Луки, Люцимер, Пісочне, Острівне, Чорне, Вели-

ке, Соминець), їх, то в озерах, які знаходяться на найближчій відстані – 12 км, 14 км, 18 км від нього, водообмін у них за 5 років зменшився у 2,8, 5 і 2,6 разів. Маємо чітку погрозу про те, що вже йде негативний вплив на довкілля України.

Одним із варіантів виходу з цієї ситуації може бути створення біосферного заповідника "Західне Полісся", який би включив відповідну частину території України, Білорусі та Польщі. На рівні екологічного обґрунтування все зроблено як українською, так і двома іншими сторонами, але підписання саме білоруською стороною не відбувається. При цьому необхідно мати об'єднану для України та Білорусі методичку визначення екологічної шкоди внаслідок продовження і розширення діяльності Хотиславського кар'єру та надання своєчасної допомоги уникнення впливу на екосистему регіону.

### Мета досліджень

Враховуючи системні екологічні питання транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру, необхідно контролювати рівень пониження ґрунтових вод. І якщо кар'єр потягне воду озер, то без своєчасних заходів через ці пустоти вода піде в кар'єр та осушить деякі озера, інші будуть міліти, а не дуже глибокі перетворяться у болото. Тому, задача збереження біорізноманіття, екологічного стану та оцінка ризиків є актуальною для наукових досліджень та практичної діяльності. Дослідження та вирішення екологічної проблеми Шацького природного національного парку потребує використання сучасних інформаційних технологій на основі застосування матеріалів дистан-

ційного зондування Землі з супутників та застосування геоінформаційних технологій.

### Використання космічних технологій спостереження Землі при проведенні екологічного моніторингу

Світовий досвід [10, 11, 12] показав, що використання космічних систем (КС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на основі застосування бортових оптико-електронних систем (ОЕС) космічних апаратів (КА) дозволяє вирішити в першу чергу завдання які пов'язані із спостереженням небезпечних об'єктів та проведенням екологічного моніторингу земної поверхні. Завдяки космічним знімкам можна здійснювати екологічний контроль за об'єктами та процесами на земній поверхні і за результатами їх дешифрування можна проводити аналіз одержаної інформації щодо геохімічного стану середовища та робити висновки відносно поточної екологічної ситуації та контролю стану довкілля [12, 13]. Крім того, за допомогою космічних знімків можна здійснювати просторовий географічний аналіз екологічної інформації та досліджувати (прогнозувати) процеси, що відбуваються в довкіллі, шляхом проведення різних логічних операцій над векторними і атрибутивними даними (просторового і табличного аналізу) [12, 13]. Крім того, аналітичний огляд наукових публікацій [10-16] показав, що відповідно до спектральної щільності енергетичної яскравості характеристик об'єкта (земельної ділянки) можливо визначити спектральні діапазони для проведення екологічного моніторингу за допомогою багатоспектральних зображень з космічних систем дистанцій-

ного зондування Землі. Так, у світовому суспільстві використовують вибір багатоспектральних діапазонів (табл.1), за допомогою яких можна проводити спостереження для вирішення поставлених екологічних завдань [14].

Однак до початку роботи з космічним знімком необхідно провести його дешифрування. Етапи дешифрування космічних знімків мають дуже складний характер [10, 11, 13]. При цьому розпізнавання кар'єрів полягає в аналізі зображення (глибина, розмір) та інших об'єктів місцевості для якісного опису їх характеристик і включає елементи загальнопографічного та власне геологічного дешифрування. У зв'язку з цим дешифрування кар'єрів умовно поділяють на контурне і таксаційне. Особливістю контурного дешифрування є виділення з кар'єру масиву топографічних площ об'єктів і контурів для подальшого опису їх шляхом наземного огляду або способом аеротаксації. Таксаційне дешифрування є складним і важким і вимагає поділу кар'єру на таксаційні ділянки та визначення геологічного складу. При цьому склад насаджень у районі кар'єру дешифрується в основному за відмінностями у формах, розмірі, тоні та кольорі зображень крон дерев. При стереоскопічному аналізі знімків з роздільно помітними проекціями крон необхідно насамперед виявити, чи різняться деревні породи за типовими формами крон і обрисами проекцій їх як у центральній, так і в крайовій частині аерознімка і за опуклості крон. Різниця в тонах і розмірах крон різних дерев на чорнобілих знімках є одним з істотних ознак дешифрування складу, особливо при малому розходженні форми

проекцій крон: наприклад, у осики тону, а у ялини-дрібні, опуклі, темнокрони великі, плоскі, світло-сірого тону зі світлим обідком [15, 16].

Таблиця 1

### Відповідність завдань щодо проведення екологічного моніторингу до вибору спектральних ділянок каналів оптико-електронними системами

№ з/п	Завдання щодо проведення екологічного моніторингу		Спектральний діапазон	Тип багатоспектрального пристрою (сенсор)
	Загальне	Спеціальне		
1.	Кордон між землею поверхнею і хмарами	Хлорофіл рослин	620-670 нм	MSS, HSI, HRVIR, ШИМСА, ГСА
		Хмарність і рослинність	840-780 нм	
2.	Властивість земної поверхні і хмар	Різниця у ґрунтах і рослинах	460-480 нм	RBV, TM, MODIS, HRVIR, ШИМСА, ГСА
		Зелена рослинність	545-568 нм	
		Властивості листового покриву	1230-1250 нм	
		Різниця сніжного покриву (змарності)	1630-1653 нм	
3.	Колір океану	Параметри земного покриву й хмарності	2100-2155 нм	TM, MSS, HRV, HRVIR
		Спостереження за хлорофілом	405-420 нм, 437-450 нм, 405-420 нм, 405-420 нм	
		Опади	546-556 нм	
		Опади, атмосфера	660-673 нм	
		Флюоресценція хлорофілу	673-683 нм	
4.	Атмосфера і хмари	Властивості аерозолів	743-753 нм	MSS, ETM, HRG
		Властивості аерозолів та параметри атмосфери	860-880 нм	
		Параметри хмарності та атмосфери	890-920 нм, 915-965 нм	
		Піряні хмари	1,36-1,39 мкм	
5.	Теплові властивості	Вологість в середній частині тропосфери	6,53-6,9 мкм	MTI, TMS
		Вологість у верхній частині тропосфери	7,17-7,48 мкм	
		Температура поверхні Землі	8,4-8,7 мкм	
		Температура морської поверхні	3,66-3,8 мкм	
		Лісні пожежі, вулкани	3,92-3,98 мкм	
		Температура хмар та поверхні Землі	3,92-3,98 мкм, 4,02-4,08 мкм, 10,78-11,3 мкм, 11,76-12,3 мкм	
		Температура в тропосфері, склад хмар	4,43-4,55 мкм	
Аналіз загального вмісту озона	9,58-9,88 мкм			
		Висота і склад хмар	13,18-13,49 мкм, 13,48-13,79 мкм, 13,78-14,09 мкм, 14,08-14,39 мкм	

На багатоспектральних знімках хвойні породи зображуються синьо-зеленими або зеленими, а листяні - помаранчевими або пурпуровими різної насиченості. Відмінності в розмірах проекцій крон і за висотою деревостанів допомагають точніше встановлювати склад насадження. При цьому необхідно враховувати загальний вигляд проекцій положу насаджень і характер відносного розташування дерев у полозі (рівномірне, нерівномірне, групами, куртинами). При дешифруванні віку враховують розміри і форми крон, середню висоту деревостанів і довжину тіней, а також ступінь оглядовості деревостану в глибину [10, 15, 16]. Повноту насаджень при дешифруванні визначають за ступенем зімкненості положу на підставі взаємозв'язків між повнотою і зімкненістю положу. Зімкненість може бути встановлена за співвідношенням між площами, зайнятими проекціями крон і проміжками між ними (від 0,1 до 1,0), або за ступенем оглядовості насаджень в глибину відносно його середньої висоти. Класи бонітету при дешифруванні знімків визначають не тільки за віком і середньою висотою переважаючої породи, а за комплексом ознак, які характеризують умови місцезростання. У гірських умовах по знімках враховують приуроченість насаджень до схилів різної експозиції і крутизни. Класи бонітету визначають за співвідношенням між середніми висотами і діаметрами крон у тому чи іншому віці, складом насаджень, ступенем рівномірності зімкненості положу, наявністю другого ярусу і по стереоскопічних висотах. По знімках можна визначати і щільність дерев.

Якщо раніше тематичне дешифрування виконували в основному з використанням візуально інструментальних методів, то сьогодні поряд з активним розвитком систем обробки даних дистанційного зондування, крім візуально-інструментальних методів, використовують автоматизовані методи [12, 13], що дозволяє дешифрувати багатоспектральні зображення. Існує декілька сучасних пакетів з обробки даних ДЗЗ (ERDAS, ENVI, INPHO та ін.), за допомогою яких можна виконувати процедуру класифікації об'єктів, представлених на космічному зображенні в інтерактивному режимі, з безпосередньою участю обробника (так звана класифікація з навчанням). Також можна виконувати кластеризацію зображення на основі відомих статистичних методів і алгоритмів, наприклад IZODATA. Але ідентифікацію одержаних в результаті кластеризації класів об'єктів буде виконувати спеціаліст (інтерпретатор). Однак повністю автоматизувати процес тематичного дешифрування не вдалося, тому, що існуючі підходи та методи, які використовуються в алгоритмах розпізнавання, поки що розвиваються [12, 13].

#### **Обробка космічних знімків для проведення екологічного моніторингу та вивчення транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру на Шацький природний національний парк.**

На сучасному етапі при дешифруванні космічних знімків одним із головних завдань є виділення ознак (прямих і косвених) для розпізнавання сцени та об'єктів спостереження. При цьому стрімкий розвиток географічних інформаційних систем (ГІС) надав можливість не лише ана-

лізувати поточний стан сцени моніторингу, але й прогнозувати екологічної ситуації (моделювання подій, що відбуваються) Це дозволяє приймати, за необхідності, обґрунтовані управлінські рішення [10, 13, 17].

Отже, космічний моніторинг широко використовується при вивченні ландшафтної структури, природних ресурсів і типів природокористування, а також для аналізу рівня забруднення атмосфери, земельних і водних ресурсів, в роботах за оцінкою антропогенного і техногенного впливу на довкілля. Використання існуючих [10, 11, 13, 15] та нових [12, 17, 18, 20] методик оцінки стану навколишнього природного середовища дозволяє оперативно вирішувати завдання в галузі природокористування і екології. При створенні систем екологічного моніторингу необхідно дотримуватися основних принципів [12, 17, 18]:

- об'єктивність і достовірність первинної, аналітичної і прогнозованої інформації;
- систематичність спостережень за станом природного середовища поряд з техногенними об'єктами, що впливають на нього;
- підвищення оперативності одержання і достовірності первинних даних за рахунок використання досконалих технологій збору, накопичення і обробки екологічної інформації на всіх рівнях державного управління і місцевої самоврядуності;
- сумісність технічного, інформаційного і програмного забезпечення;
- підвищення рівня і якості інформаційного обслуговування спожи-

вачів екологічної інформації на всіх рівнях функціонування системи на основі мережевого доступу до розподілених відомчих і інтегрованих банків даних, комплексної обробки і використання інформації для ухвалення відповідних рішень;

- оперативність доведення екологічної інформації до органів виконавчої влади, інших зацікавлених органів, підприємств, організацій і установ;
- доступність екологічної інформації для населення.

З урахуванням цих принципів та нових підходів [19÷23] пропонуємо для проведення екологічного моніторингу використовувати в якісній програмно-апаратні засоби і програмні продукти будь-яких геоінформаційних систем або засоби автоматизованої обробки знімків дистанційного зондування Землі для створення карти динаміки. Процес створення карт динаміки поділяється на декілька послідовних етапів, протягом яких формуються її основні етапи [18, 22]:

- підготовчий - формулюються вимоги до створюваної карти, визначається район, здійснюється збір та обробка вихідної інформації.;
- формування карти динаміки - здійснюється з використанням засобів автоматизованої обробки знімків, коли на основі вихідних знімків формується спеціальне зображення, яке характеризує ймовірність будь-якої ділянки території піддаватися змінам при часовому рознісенні космічних знімків;



- формування багатоспектральної карти динаміки на основі існуючої спектральної характеристики карти;
  - складання якісної порівняльної характеристика карти динаміки.
- Розглянемо створення карти динаміки на прикладі знімку озера Світязь тільки за елементами етапів, які потребують пояснення і стосу-



Рис. 6. Космічний знімок озера Світязь

**2. Етап.** Для формування растрової карти динаміки необхідно взяти декілька знімків у часовому інтервалі, які не відрізняються в просторі. Дешифрування здійснюється шляхом візуального порівняння космічних знімків з цифровою картою-основою за допомогою засобів ГІС. Поетапно дешифрування [21, 22, 23]:

- еталонні зображення для об'єктів, що відображаються на карті-основі і для ділянок території, суттєво перетворених внаслідок діяльності або природних процесів;
- короткий словесний опис дешифрувальних ознак об'єктів: фо-

ються обробки космічних знімків. При цьому космічні знімки повинні задовольняти встановлені вимоги і бути представлені в цифровому вигляді.

**1. Етап.** Для приклада взято ділянку (рис.6.) космічного знімку озера Світязь. Обґрунтування необхідності вибору ділянки не викликає сумніву.

рма зображення об'єкта і характер кордонів; колір або тон зображення об'єкта; текстура об'єкта (особливості чергування відтінків); сусідство з іншими об'єктами (закономірність просторового розташування).

Кожне зображення супроводжується коментарем – опис типу об'єкта або виду діяльності, показаної на еталонному зображенні. Якщо дешифрування виконували за непрямими дешифровочними ознаками, то необхідно коротко описати міркування, пов'язані з аналізом непрямих ознак. Так, на рис.6 представлено космічні знімки району спостереження зі зміною характеристик об'єктів, що

представлені на зображенні. Більш детальний аналіз процесів, що відбуваються в озері Світязь, мають давати фахівці, адже знімки свідчать про явні зміни.

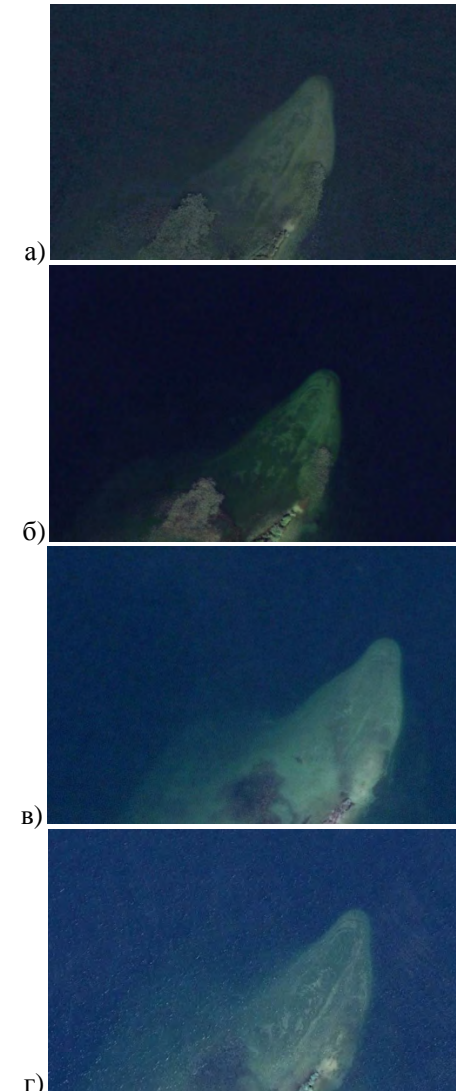


Рис. 6. Динаміка зміни водного стану озера Світязь

а) 20.08.2005 року; б) 23.9. 2010 року;  
в) 4.04.2014 року; г) 10.06.2014 року

**3. Етап.** Формування багатоспектральної карти динаміки на основі існуючої спектральної характеристики карти. При виборі спектральних каналів необхідно враховувати інформацію про діяльність, що виконується на території, і про природні процеси, що призводять до зміни території, оскільки різні об'єкти мають різні спектральні характеристики [21, 22, 23].

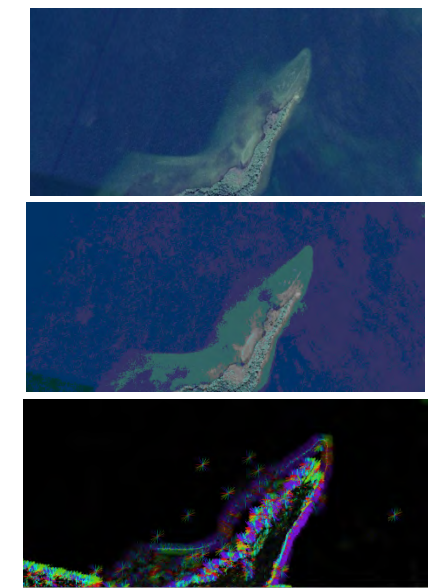


Рис. 7. Динаміка зміни берегової лінії озера Світязь у різних спектральних діапазонах

**4. Етап.** Складання якісної порівняльної характеристики карти динаміки. «Карта динаміки стану території», містить назву території і часовий період, для якого складено карту; дані про космічні знімки: дати зйомок, назва сенсора, номери або назви використовуваних спектральних каналів; дані карти-основи: назва і рік стану місцевості; відомості про організацію - укладача та організацію - замовника карти; дані про

систему координат; масштаб; дату створення карти.

Отже, запропонований підхід надає можливість розробляти нові методи і методики, пов'язаних з використанням космічних систем дистанційного зондування Землі та проводити екологічний моніторинг за допомогою сучасних геоінформаційних систем та апаратно-програмних комплексів обробки космічних знімків, що підвищує ймовірність виявлення і прогнозування антропогенних процесів. Крім того, одним із перспективних підходів до пошуку екологічних змін є використання різних спектральних і допоміжних характеристик на космічних зображеннях, що дозволяє будувати динамічну карту антропогенних змін природного середовища поверхні.

#### **Висновки та рекомендації з оцінки на основі даних дистанційного зондування Землі транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру на стан довкілля**

1. За даними обробки аерокосмічних зйомок з використанням сучасних інформаційних технологій встановлено, що експлуатація Хотиславського кар'єру в Білорусі може призвести до порушення балансу екосистеми всього регіону. Існує небезпека порушення підземних водонесних горизонтів. Це може призвести до припинення живлення Шацьких озер, зокрема унікального озера Світязь, загрози обміління, скорочення площ водного плеса, наслідком яких стане загибель унікальних природних водойм, втрата окремих видів флори і фауни. Головною причиною

небезпеки для навколишнього природного середовища Західного Полісся є освоєння крейдового родовища «Хотиславське» (Республіка Білорусь). Цей кар'єр з видобутку піску, крейди та мергелю Малоритського комбінату будівельних матеріалів знаходиться у безпосередній близькості до меж Шацького національного природного парку, зокрема до особливо цінних з рекреаційної та природоохоронної точки зору озер: Кримно, Мошно, Пісочне та Світязь. Отже, можна прогнозувати неминучі і незворотні зміни для нормального функціонування сільського та лісового господарства на Волині, порушення водопостачання жителів Шацького, Любомльського та Ратнівського районів, погіршення гідромеліоративного стану осушуваних земель. Крім того, видобування і транспортування крейди провокує також техногенне забруднення навколишнього середовища повітряним шляхом.

2. Крім того, використання кар'єру може загрожувати всьому регіону екосистеми, в який входить не тільки Шацький національний природний парк, а також Поліський парк народивий Польщі. Ця екосистема природного ландшафту досить тісно пов'язана з Шацьким парком і має подібне походження. У випадку екологічної катастрофи на нашій території, що може бути пов'язано з розробкою та освоєнням Хотиславського кар'єру, ланцюгова реакція зміни природного середовища безпосередньо торкнеться також й польської сторони. На місці розташування Поліського парку можуть зникнути озера або перетворитися у сапропелеві болота, видозміняться флора та фауна.

3. Для оцінки транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру та виявлення можливих ризиків для довкілля на сьогодні доцільно використовувати космічні системи дистанційного зондування Землі та сучасні геоінформаційні технології. Аналіз матеріалів дистанційного зондування Землі свідчить, що освоєння Білоруссю Хотиславського крейдового кар'єру може призвести до порушення екосистеми всього регіону та Шацьких озер на Волині зокрема.

4. Важливим фактором щодо усунення можливих ризиків транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру може стати створення міждержавного біосферного заповідника під захистом ЮНЕСКО, у який би входили території польського та українського Полісся, а також білоруська Біловезька пуща під постійним наглядом. На основі системних досліджень доцільно оцінювати завдану шкоду природі та екосистемі держав.

5. Вважаємо за доцільне ведення тематичних карт екологічної динаміки, які дозволять забезпечити проведення аналізу даних та оцінки впливу на навколишнє середовище в системі державного управління та контролю в сфері охорони, захисту довкілля. Карти динаміки також доцільно використовувати для розробки стратегії екологічного моніторингу транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру. Необхідно у подальшому проводити актуалізацію даних шляхом використання космічних знімків. Крім того, проведені дослідження свідчать про необхідність здійснення заходів щодо невідкладної організації постій-

ного моніторингу за станом підземних вод на прикордонній території з метою постійного контролю за їх станом та своєчасного здійснення необхідних дій щодо попередження можливих негативних наслідків на території України від експлуатації Хотиславського кар'єру.

6. Необхідно продовжити роботи зі створення та корекції екологічних карт України з залученням космічних знімків вітчизняних апаратів та космічних апаратів інших держав. Залучення цієї інформації дасть можливість розробляти та створювати екологічної карти областей України. При цьому слід враховувати, що стан довкілля України постійно змінюється, і на це впливають різні фактори: пожежи, забруднення річок та водойм, забруднення повітря, техногенні аварії, несанкціонована вирубка лісів, транскордонна діяльність та біосферні конфлікти. Все це впливає на загальний екологічний стан довкілля і потребує постійного контролю за допомогою сучасних космічних технологій і надасть можливість постійно мати реальні сучасні екологічні карти областей України, що забезпечить державні органи реальними даними про стан навколишнього середовища рекомендаціями його оздоровлення та оновлення.

7. Доцільно створити сучасні екологічні моделі для прогнозування екологічних наслідків розробки родовища крейди «Хотиславське» та оцінки негативного впливу на загальну екологічну ситуацію і, зокрема, на підземні води у прикордонній з Республікою Білорусь території України, в тому числі, Шацького національного природного парку.

#### **Література**

1. Зелена книга України /за ред. Я.П. Дідуха – К.: Альтерпрес, 2009. – 448 с.

2. Шацьке поозер'я: Характеристика абіотичних і біотичних компонентів екосистем / за ред. Й. Царика. – Львів: ЛНУ, 2008. – 216 с.
3. Проць Г.Л. Шацькі озера / [Г.Л. Проць, Б.П. Муха] // Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра: зб. наук. праць. – Луцьк, 1998. – С. 42–46.
4. Географія Волинської області / за ред. П.В. Луцишина. - Луцьк: ЛДП, 1991. – 163 с.
5. Палиенко В.П. Морфоструктурные условия гляциоморфогенеза на Украине // Стратиграфия и корреляция морских и континентальных отложений Украины / Под ред. Е. Шнюкова. – Киев, 1987. – С. 143–148.
6. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 р. №1264.
7. Закон України «Про ратифікацію Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті від 19 березня 1999 року № 534–XIV. Угода між урядом України і Урядом Республіки Білорусь про співробітництво в галузі охорони навколишнього середовища від 16.12.1994 р.
8. Романенко В.Д. Загрози антропогенного впливу на ландшафтне і біологічне різноманіття озер Шацького національного природного парку / В.Д. Романенко, В.І. Щербак, В.М. Якушин, Н.В. Майстрова, Н.С. Семенюк // Природа Західного Полісся: зб. наук. пр. ВДУ ім. Лесі Українки. – Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. Держ. ун-ту ім. Лесі Українки. - 2012. - №9. – С. 319-324. .
9. Зузук Ф.В. Вірогідність впливу розробки Хотиславського родовища крейди на заповідні екосистеми Волині / Ф.В. Зузук, В.Г. Мельничук, І.І. Залеський // Природа Західного Полісся: зб. наук. пр. ВДУ ім. Лесі Українки. – Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. Держ. ун-ту ім. Лесі Українки. - 2012. - №9. – С. 3-11.
10. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / [Лялько В.І., Федоровський О.Д., Попов М.О. та ін] за ред.В.І.Лялька, М.О.Попова.— К.: Наук.думка, 2006.— 357 с.
11. Використання багатозональних космічних знімків з метою вивчення рослинності зони відчуження ЧАЕС / [О.І.Сахацький, В.І.Лялько, А.Я.Ходоровський, О.Т.Азімов, З.М.Шпортюк, О.М.Сибірцева, С.М.Бідна та ін.] // Нові методи в космічному землезнавстві.— К.: ЦАКДЗ ІГН НАНУ, 1999.— С.105—113.
12. Бондар О.І., Машков О.А. Научное обоснование схмотехнических решений создания функционально устойчивых комплексов экологического мониторинга с использованием псевдоспутниковых технологий / Зб. наук. пр. «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2013». , - Євпаторія, 2010, – С. 206-207.
13. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера. 2008. – 312 с.
14. Пашков Д.П. Аналіз можливостей застосування космічних систем дистанційного зондування Землі для вирішення екологічних завдань // Д.П. Пашков / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, - Х.: ХУПС. Вип.2 (15), 2014, С. 184-188.
15. Пічугін М.Ф., Машков О.А., Сашук І.М., Кирилюк В.А. Обробка геофізичних сигналів у сучасних автоматизованих комплексах. Житомир, вид.ЖВІРЕ, 2006, 176 с.
16. Лялько В., Сахацький О., Шпортюк З., Сибірцева О., Ходоровський А., Азімов О. «Зелений щит» проти радіонуклідів.Класифікація рослинного покриву зони відчуження ЧАЕС за даними багатозонального космічного знімання. / Вісник НАН України, 2008. – №4. С.23-28.
17. Бондар О.І., Машков О.А. Інноваційний розвиток та модернізація системи природокористування України (реперні точки розвитку галузі і шляхи її реалізації) / Матеріали VI Міжнародного форуму «Трансфер технологій та інновації: інноваційний розвиток та модернізація економіки», 20-21 грудня 2012 р., м. Київ, с. 236-252.

18. Машков О.А., Качалин И.Г., Синицкий Р.Н. Проектирование и разработка автоматизированной системы сбора и обработки геофизической информации / Зб. наук. пр. / Институт проблем моделирования в энергетике, Вип. 29, Київ, 2005, с.57-64.
19. Машков О.А., Немець К.А. Графоаналітичний метод оцінки однорідності розвитку соціогеосистем / Міжнародний зб. наук. пр. «Часопис соціально-економічної географії», вип. 9(2)/2010, Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, С.39-41.
20. Пашков Д.П. Принципы комплексной обработки многоспектральных изображений в космических системах наблюдения для оперативного экологического мониторинга // Д.П. Пашков / Системи озброєння і військова техніка. Х.: ХУПС. Вип.1 (37), 2014. С. 194-197.
21. Шумаков Ф.Т. Разработка методов космического мониторинга трофического состояния водоемов / Ф.Т. Шумаков // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия География. - 2011. - том 24 (63), № 3. - С. 162-172.
22. Пашков Д.П. Вдосконалення методики побудови карт антропогенних змін природного середовища на основі використання космічних знімків // Д.П. Пашков / Системи озброєння і військова техніка, - Х.: ХУПС. Вип.2 (38), 2014. С. 153-157.
23. Станкевич С.А., Козлова А.О. Особливості розрахунку індексу видового різноманіття за результатами статистичної класифікації аерокосмічних знімків // Ученые записки Таврического национального университета им.В.И.Вернадского, 2006.- Т.19(58).- С.144-150.

## РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ

УДК 57.03-044.3

### ЗАПОВІДНІ СТЕПИ: АБСОЛЮТНО ЗАПОВІДНИЙ РЕЖИМ ЧИ УПРАВЛІННЯ СТЕПОВИМИ ЕКОСИСТЕМАМИ

Лисенко Г. М.<sup>1</sup>, Коломійчук В. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, вул. Кропив'янського, 2, м. Ніжин, Чернігівської області, 16600, [lysenko\\_gena@yahoo.com](mailto:lysenko_gena@yahoo.com)

<sup>2</sup> Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, вул. Митрополита Василя Липківського 35, м. Київ, 03035, [vkolomiychuk@ukr.net](mailto:vkolomiychuk@ukr.net)

За даними польових досліджень резерватних степових екосистем, зафіксованих упродовж останніх десятиліть, відмічено суттєві трансформації не лише фітоценотичної складової, а й педосфери. Наведено інформацію щодо сучасних стратегічних заходів з управління степовими екосистемами природних заповідників України. Висвітлено інсулярність нині існуючих степових екосистем на тлі домінуючих агроландшафтів. Запропоновано нові алгоритми застосування режимів для збереження степових угруповань, зокрема їх раритетну фітокомпоненту. *Ключові слова:* заповідні степи, блоки екосистем, режими, стратегії управління

**Заповедные степи: абсолютно заповедный режим или управление степными экосистемами.** Г. Н. Лысенко, В. П. Коломийчук. Приведены данные полевых исследований резерватных степных экосистем, зафиксированных в последние десятилетия, отмечены существенные трансформации не только фитоценотической составляющей, но и педосферы. Приведена информация о современных стратегических мероприятиях по управлению степными экосистемами природных заповедников Украины. Освещена инсулярность ныне существующих степных экосистем на фоне доминирующих агроландшафтов. Предложены новые алгоритмы применения режимов для сохранения степных сообществ, включая их раритетную фитокомпоненту. *Ключевые слова:* заповедные степи, блоки экосистем, режимы, стратегии управления

**Protected steppes: strictly protected status or management of steppe ecosystems.** G. N. Lysenko, V. P. Kolomiichuk. The article contains the data on field research of protected steppe ecosystems, which were recorded in recent decades. Significant transformations of not only phytocoenotic component, but pedosfera as well, are marked. The data on current strategic measures on management of steppe ecosystems of nature reserves of Ukraine are presented. The insularity of currently existing steppe ecosystems is highlighted on the background of dominated agricultural landscapes. New algorithms for the application of modes for steppe communities con-

servation, including their rare phytocomponent, are offered. *Keywords:* protected steppes, ecosystem blocks, regimes, management strategies

#### Вступ

Степові екосистеми в Україні, що не зазнали суттєвої антропогенної трансформації, зберігаються лише на вкрай обмежених територіях природно-заповідного фонду та у яружно-балкових комплексах непридатних до сільськогосподарського використання. Значні території (у деяких регіонах України до 80 %) розорані і активно використовуються як сільськогосподарські угіддя. Великі площі колишніх степів зайняті гірничими виробками, хвоста та шламосховищами, потрапили у зони затоплення великих водосховищ, представлені урбанізованими соціоекосистемами тощо.

Проте існуючі режими заповідання, передусім, абсолютно заповідний режим, не дозволяють повною мірою вирішувати стратегічні питання заповідників – збереження видового та ценотичного різноманіття типових зональних або унікальних природних комплексів. Тривалий вплив режиму абсолютної заповідності призводить до глибоких та часто незворотних змін не лише резерватних фітоценоструктур та зоокомплексів, а й суттєвих змишень величин низки екологічних чинників, зокрема, едафічних, які виходять за межі степового біому. Результатом цього є втрата не лише габітуальних особливостей резерватних степів, а й зникнення типових степових видів та угруповань, які неспроможні конкурувати з видами іншої екології та життєвої стратегії. Отже, степовий заповідник як природоохоронна організація не виконує поставлених перед ним завдань. Саме тому проблема вибору оптимальних режимів за-

повідання є «наріжним каменем» практики та теорії степознавства.

#### Об'єкти та методи дослідження

Об'єктами досліджень були заповідні степові екосистеми, що репрезентують різноманітні типологічні варіанти степів: північні лучні степи – заповідник «Михайлівська цілина» (Сумська область, Україна), Стрільцівська ділянка Центрально-Чорноземного біосферного заповідника ім. проф. В.В. Альохіна (Курська область, Російська федерація), «Ямський степ» (ділянка заповідника «Білогір'я», Білгородська область, РФ), різнотравно-типчакково-ковилові степи та їх варіанти (відділення Українського природного степового заповідника «Хомутовський степ» та «Кам'яні Могили» Донецька область, Україна), відділення Луганського природного заповідника «Стрільцівський степ» (Луганська область, Україна), природний заповідник «Сланецький степ» (Миколаївська область, Україна). Дослідження проводили впродовж 1990-2014 рр. Основними методами досліджень були детально маршрутний та напівстаціонарний, включаючи закладання постійних пробних площ ділянок, еколого-ценотичних профілів, картування рослинності тощо.

#### Результати досліджень

На нашу думку, в історії степового заповідання лише перші етапи можна охарактеризувати як такі, що відповідають поняттю «стратегія». Термін «стратегія» багатогранний, проте всі дефініції можна звести до наступного. Під стратегією розуміють вибір ключо-

вих напрямків розвитку, спрямованих на досягнення довготривалої мети шляхом координації ресурсів, або іншими словами – вміння міркувати та приймати рішення на перспективу. Саме тому на рубежі XIX та XX століть вилучення земель із сільськогосподарського використання та суворя заборона будь-якого антропогенного втручання сприяли відновленню резерватних біокомплексів і, на той час, ці дії повністю відповідали заповідній стратегії. Однак подальший розвиток заповідної справи було зведено лише до вирішення тактичних завдань, під якими слід розуміти конкретні дії, спрямовані на забезпечення стратегічної мети. Втім, узагальнені алгоритми тактичних рішень виявились дещо некоректними, принаймні, для низки степових заповідників, особливо тих, що розміщені у лісостеповій зоні або контактують із нею. Як виявилось згодом, дія існуючих регуляційних заходів нездатна зупинити негативні тенденції трансформації автотрофного блоку степових екосистем та пов'язаних з ним угруповань тварин. Так, зміна типових степових видів-едифікаторів, передусім, дернинних злаків (з родів *Stipa*, *Festuca*, *Koeleria* та ін.), призвела до елімінації ряду видів тварин, для охорони та збереження яких і були створені деякі заповідні об'єкти, наприклад, байбаки у відділенні «Стрільцівський степ» Луганського природного заповідника. Окрім того, існує стійка тенденція до скорочення або й повного зникнення з території заповідників ценопопуляцій значної групи видів степового різнотрав'я, що занесені до «Червоної книги України».

Наприкінці XIX - початку XX століття завдяки зусиллям прогресивно налаштованих науковців, передусім Г. Конвенца, П. Саразіна та їх послідовни-

ків – В. В. Докучаєва, Й. К. Пачоського, Г. О. Кожевнікова, І. П. Бородіна, Д. К. Соловійова, В. І. Талієва, Д. М. Анучіна та деяких далекоглядних поміщиків, одним із яких був Ф. Е. Фальц-Фейн, людство нібито знайшло вихід з кризового стану через створення заповідних об'єктів, основним завданням яких було збереження у природному стані вцілілих решток зональних або унікальних екосистем, які збереглися. Результатом їх спільних зусиль є організація низки заповідників саме у степовій зоні, починаючи з «Асканія-Нова» (1899 р.), а через деякий час «Хомутовського степу» (1926 р.), «Кам'яних Могили» (1927 р.) та «Михайлівської цілини» (1928 р.), які на той час були заповідниками місцевого значення.

Так, станом на 1 січня 1929 р. на території України функціонувало вісім державних природних заповідників республіканського значення: «Надморські заповідники», «Піщані заповідники», «Асканія-Нова», «Конча-Заспа», «Лісостеповий ім. Т. Г. Шевченка» (нині – «Канівський»), «Кримський», «Парк III Інтернаціоналу» (нині – дендропарк «Софіївка») та парк «Устимівка» [1]. Дещо пізніше були створені нові резервати: «Карлівський» або Академічний степ, «Стрільцівський степ», «Провальський степ», «Парасоцький ліс» та ін. Слід відмітити, що ефективна природоохоронна робота нашттовувалась на значний супротив тодішніх господарських та партійних діячів. На жаль, було загублено цілий ряд ініціатив по створенню Другого державного степового заповідника сходу України загальною площею 30770 га, до складу якого мали увійти Кам'яні Могили, Михайлівський, Стрільцівський, Провальський, Хомутовський, Лимарівський, Деркульський та Ново-Олексіївський степи, ро-

зташовані у Сумській, Харківській, Луганській та Донецькій областях [1].

Однак створення заповідних об'єктів було лише першим етапом збереження біоти степової зони. Після припинення всіх видів господарської діяльності та введення суворих режимів охорони, перш за все, абсолютно заповідного режиму, на черзі стали проблеми підбору коректних та дієвих заходів збереження та відтворення степових екосистем. Саме тому перед сучасною теорією і практикою степознавства, на нашу думку, стоять два найважливіші завдання. Перше полягає в пошуку відповіді на, здавалося б, просте питання – «Що являє собою степ як природна структурно-функціональна система?», і друге – «Яким же чином зберегти еталонні заповідні степові та лучно-степові екосистеми?». Дискусія з цих питань має тривалу історію і досить широке коло опонентів. Строкатість поглядів пояснюється щонайширшою професійною належністю учасників (флористів, фітоценологів, агроциологів, зоологів та екологів у широкому сенсі, ґрунтознавців, кліматологів, гідрологів, географів і навіть економістів), що представляють різні наукові школи та галузі знань. Висловлюються діаметрально протилежні точки зору – від повного невтручання в хід природних процесів до впровадження досить жорстких способів регулювання резерватних степових і лучно-степових екосистем. Проте істина тяжіє до певного середнього значення.

Як наголошувалося раніше [15], вдосконалення заповідних режимів за допомогою впровадження комплексу заходів забороняється положеннями про природні заповідники, адже не всі види впливів вже випробувані в експериментах (наприклад, випасання), степові регульовані пали та їх комбінації з

усталеним сіножатеви режимом [20]. Проте степознавці-практики прямо вказують на неефективність існуючих режимів охорони і відтворення степових екосистем, передусім, у зоні Лісостепу [3-5, 12], оскільки саме тут існує реальна загроза повної втрати лучно-степових ландшафтних комплексів, сформованих на вододільних просторах.

Накопичення продукції автотрофного блоку резерватних лучно-степових і степових екосистем [18] на тлі достатньої бідності консументної складової провокує зміну величин ряду лімітуючих екологічних чинників [6, 10, 19], що є відправною точкою відліку «запуску» трансформаційних процесів, результатом яких є не тільки зміни зовнішнього вигляду біомів з домінуванням трав (збільшення площ, зайнятих лігнозними екобіоморфами, і посилення їх ценотичної ролі), але й випадання із фітоценозів типових степових видів, заради збереження яких і були свого часу організовані більшість із нині існуючих об'єктів природно-заповідного фонду в лісостеповій і степовій зонах.

З часом виявилось, що режим абсолютного заповідання відіграв позитивну роль лише на перших етапах демультиплікації рослинного покриву степів, коли дійсно потрібно було повністю виключити всі види антропогенного впливу, передусім, надмірний випас та подекуди сінокосіння. Проте нині у переважній більшості степових заповідників відсутні цілі групи фітофагів, зокрема, консументи першого порядку (ратичні), що беруть безпосередню участь у біоценотичній регуляції автотрофного блоку степових екосистем. Про роль гетеротрофного блоку в трансформації первинної продукції степових екосистем існують лише уривчасті відомості.

Як нами наголошувалося раніше [11], на жаль, існує значний дефіцит інформації щодо ролі фітофагів у процесах біотичного регулювання лучно-степових та степових біогеоценозів. Можливо, відсутність такої інформації призводить до дещо односторонніх висновків. Посилання на роботи дослідників [8, 9], В. Є. Борейко [2] свідчать, що копитні не відігравали будь-якої помітної ролі у формуванні степу. Проте у роботах В. В. Жеріхіна [7] обґрунтовується походження клімаксових трав'яних угруповань саме через набуття ендемічних механізмів стабілізації біогеохімічного кругообігу, що пов'язано з діяльністю великих рослиноїдних хребетних.

Разом з тим, степові екосистеми тривалий час піддавалися досить жорсткому впливу доместифікованих консументів (великої рогатої худоби, коней, овець, кіз), що не завжди відповідало зональному статусу природних степових ландшафтів. Проте внаслідок зниження пасовищних навантажень зональні степові види-ефікатори досить швидко відновлювали втрачене ценотичне значення. Водночас при зменшенні пасовищного навантаження нижче оптимальною (недовипас) у рослинному покриві пасовищ спостерігали зміни подібні ценоструктурним перебуванням, що характерні для абсолютно заповідних ділянок окремих заповідників. Яскравою ілюстрацією цього є заростання пасовищ кінного заводу, що межують з охоронною зоною відділення Луганського природного заповідника «Стрільцівський степ».

Без сумніву, ще одним із видів антропогенних впливів є сінокошення, внаслідок якого вилучаються не лише первинна річна продукція фотосинтетиків, але й значна частина мортмаси. Не мо-

жна не погодитись з думкою В. Є. Борейко [2], що проведення сінокошу у заповідниках часто спричиняє порушення не лише норм природоохоронної етики, але й значні відхилення у технологічному циклі. Однак саме сінокіс до нині залишається єдиним узаконеним регуляційним заходом у багатьох заповідниках та національних парках. На превеликий жаль, в економічних умовах, що склалися, забуті рішення з впровадження кінних косарок, які спроможні замінити дуже незграбну у заповідних умовах сільськогосподарську техніку, розроблену для експлуатації в агроландшафтах.

Більш того, значне зменшення поголів'я сільськогосподарських тварин як в Україні, так і у Росії при значному збільшенні площ, виведених зі складу орних земель, переводить сінокіс у розряд дуже витратних у фінансовому відношенні заходів, а сіно – у дороге «задоволення» від якого можна відмовитися. Тому нині говорити про те, що сінокіс провокує комерційне використання заповідників, не доводиться. Навпаки, проведення режимного сінокошення у ряді заповідників є щонайгострішою проблемою, без вирішення якої відбудеться втрата еталонних степових екосистем.

Отже, на сьогодні сінокіс залишається одним із найпоширеніших регуляційних заходів, покликаних якоюсь мірою замінити випас диких копитних, бо в обох випадках відбувається відчуження вегетативної маси. Окрім того, з екосистеми видаляється надлишок ресурсів (сонячної енергії, трансформованої в енергію хімічних зв'язків органічних сполук). При абсолютно заповідному ж режимі відбувається накопичення ресурсу (як у ґрунті, так і у мортмасі), що у свою чергу призводить до

суттєвих змін величин ряду лімітуючих екологічних чинників, передусім, едафічних, що прямо впливає на широке поширення видів іншої екології та життєвої стратегії, насамперед, мезофітних кореневищних злаків, численних видів лучного різотрав'я і врешті-решт чагарникових та дерев'янистих екобіоморф. Натомість ценотичне значення зональних дернинних злаків, що формують специфічне степове фітосередовище, значно знижується.

З проблемою біоценотичної неповночленності сучасних степових екосистем тісно пов'язана проблема інсулярності (від латин. *insula* – острів) заповідних геосистем, під якими розуміють ізольовані природні комплекси, що контрастують з оточуючим антропогенізованим ландшафтом. До інсулярних геосистем (окрім класичних, власне островних) належить широкий спектр ландшафтів: «колки» у степу та лісостепу, останці річкових терас, лісові луки (галявини), мінеральні острови, піщані дюни та ін. Класифікаційна схема включає основні типи інсулярних геосистем: абсолютні, геологічні, геоморфологічні, криогенні, біогеографічні, комплексні та флористичні. Зазвичай, флористичні інсулярні геосистеми виділяються за наявності ізольованих рослинних асоціацій, причому чинниками диференціації виступають проективне вкриття та флористичний склад. Класичним прикладом флористичних інсулярних геосистем є невеликі за площею ділянки лісів серед степових ландшафтів. Разом з тим, на нашу думку [13], до флористичних інсулярних геосистем цілком коректно відносити й існуючі степові заповідники, які, зазвичай, вкраплені в агроландшафт. Адже система існуючих охоронних зон, що оточують територію заповідних об'єктів, у

багатьох випадках не є дієвим буфером між заповідною екосистемою та її антропогенно трансформованим середовищем.

«Острівне» положення або ізольованість інсулярних флороценотичних геосистем визначає низький рівень їх стійкості до варіативних зовнішніх чинників і, особливо, до антропогенних порушень. Адже малі розміри та структурна неповночленність степових резерватних біоценозів, відсутність типових консументів, передусім копитних, адаптованих до відкритих просторів степових гризунів (байбак, ховрах крапчастий та ін.), птахів (дрохва, хохітва, степовий орел, курганник, степовий і лучний луні, кібець, боривітер степовий, деркач тощо), значної гільдії копрофагів істотно змінює кругообіги основних біогенних речовин та потоки енергії в степових екосистемах.

Слід визнати, що при формуванні екологічної мережі особлива увага приділяється проблемі так званих зональних екокоридорів, основною функцією яких є «скріплення» в єдине ціле достатньо розрізнених заповідників, що представляють природні ядра або біоцентри. Проте існуюча мережа екологічних коридорів також недосконала внаслідок її неповночленності. Адже багато типологічних варіантів степів втрачено назавжди, що багато в чому визначає «інсулярність» нині існуючих заповідників. Так, свого часу було розорано Карлівський (Академічний) степ у Полтавській області, згадка про який збереглася лише в працях Є.М. Лавренка.

Відомо, що практично всі степові заповідники України мають охоронні зони, режим яких далекий від досконалості. Так, охоронна зона «Михайлівської цілини» більш ніж на 50 % являє собою ріллю, на якій вирощуються зерно-

ві культури, близько 30 % території входить до складу с. Жовтневого і лише на малій частині охоронної зони здійснено посіви багаторічних трав, на яких випасається худоба. Ще гнітючіша картина характерна для «Хомутовської степу», «Кам'яних Могили» і навіть всевітньо відомого біосферного заповідника «Асканія-Нова» ім. Ф. Е. Фальц-Фейна. У зв'язку з цим слід відмітити, що практично всі з нині існуючих степових резерватів на території України розташовані в густонаселених регіонах, природні комплекси яких істотно трансформовані внаслідок тривалих (декілька сотень років) антропогенних впливів. Так, питома вага сільськогосподарських угідь, зокрема ріллі, у низці областей України сягає критичного рівня. Наприклад, в Донецькій області під сільгоспугіддями зайнято близько 90 % території, з них орних земель близько 82 %. Приблизно такі ж співвідношення характерні і для багатьох інших південних областей України – Луганської, Запорізької, Херсонської, Миколаївської, Одеської [14].

Яка ж реальна ситуація з природними об'єктами, що охороняються, в Україні? До складу природно-заповідного фонду України за станом на 1.01.2013 р. входить 8029 об'єктів загальною площею 3650106,8 га, що становить лише 6,05 % території країни [16]. З них лише в біосферних (4) і природних (19) заповідниках, а також у низці національних (47) і регіональних (69) ландшафтних парків підтримуються законодавчо затверджені режими охорони, тоді як у заказниках (3041), пам'ятках природи (3388) та заповідних урочищах (808) режимів суворої охорони, зазвичай, не дотримуються.

Частка власне степових заповідників і ще менша. Серед них найбільшими

площами степових екосистем характеризуються біосферний заповідник «Асканія-Нова» ім. Ф. Е. Фальц-Фейна (33307,6 га) та Чорноморський біосферний заповідник (материкова частина – 14158,0 га). Український степовий природний заповідник (3033,2 га), три відділення Луганського природного заповідника («Стрільцівський степ», «Провальський степ» і «Трьохізбенський степ» – 1036,5, 587,5 і 3281 га відповідно), природний заповідник «Єланецький степ» (1675,7 га) характеризуються меншою площею.

Слід згадати низку заповідників, розташованих на Кримському півострові, які охороняють степові фітоценоструктури разом з іншими компонентами: Кримський (44175,0 га), Ялтинський гірсько-лісовий (14523,0 га), Карадагський (2874,17 га), Опукський (1592,3 га) та Казантипський (450,1 га).

Особливо актуальними завданнями, що стоять перед заповідниками, залишається вивчення не лише біорізноманітності, а й динамічних процесів, що відбуваються як на популяційно-видовому, так і на ценотичному рівнях. Адже, як виявилось, існуючі режими охорони у степових заповідниках не дозволяють вирішувати найголовніше завдання степових резерватів, – збереження і відтворення типових зональних біокомплексів у їх єдності з оточуючим середовищем. На думку дослідників [7, 17] зберегти, а головне домогтися природного самовідтворення резерватних степових екосистем, можна лише за умови збереження всіх стадій сукцесійних систем, які є елементарними еволюційними одиницями, здатними до самовідтворення і подальшої еволюції.

Саме тому у сучасному степознавстві доцільно переглянути деякі усталені погляди, що стали «класичними», на

вибір оптимальних режимів збереження степової біоти на територіях заповідників. Без сумніву, ми не відкидаємо існування абсолютно заповідних ділянок, що мають півстолітню і більше історію, адже саме вони є природними лабораторіями, що дозволяють отримувати цінну інформацію про процеси саморозвитку степових екосистем. Проте слід визнати, що спроба збереження, а тим більше відтворення, степових біоценозів під впливом абсолютного заповідного режиму, у багатьох існуючих заповідниках призвела до не прогнозованих і небажаних результатів.

На думку В.С. Ткаченка [19], «...керуючись принципом еволюційної адаптації степових екосистем до комплексної дії ряду екзогенних чинників, що профілюють «типові» зональні фітоценоструктури у минулому (випас, пали, сінокошення), необхідно саме їх включати у регуляційних комплекс...».

З теорією управління, розробленою Н. Вінером, стан будь-якої системи, у тому числі й екологічної, визначається сукупністю значень її істотних перемінних. Поза сумнівом, з часом стан системи змінюється, а для зміни його у бажаному напрямі, на систему необхідно певним чином вплинути. Тому завдання, що стоять перед степовими заповідниками, можуть бути вирішені

лише за умови використання всього комплексу науково-обґрунтованих регуляційних заходів, що включають сінокошення, регульовані випас і пали.

З огляду на це, нам видається коректним висловити думку, що на сьогодні стратегічним напрямом розвитку заповідної справи в Україні є розширення меж існуючих заповідників навколо «заповідного ядра». Адже, як визнається багатьма науковими школами, слід охороняти не окремі види та угруповання, а повночленні сукцесійні системи, які здатні до самовідтворення. Звичайно, не слід ігнорувати практику створення нових природоохоронних територій, але гонити за «відсотками територій природно-заповідного фонду» не повинна підміняти самої ідеї заповідання. Щодо тактичних рішень, то особливу увагу у найближчому майбутньому слід приділяти розробці індивідуальних схем регуляційних заходів для кожного конкретного заповідного об'єкту, які повинні базуватись на результатах науково обґрунтованих експериментів з сінокошення, випасання та палів, які завжди супроводжували еволюцію степової біоти. Ці проблеми є найгострішими для практики степового заповідання а їх вирішення – найактуальнішим завданням.

### Література

1. Борейко В. Е. История заповедного дела в Украине. – Киев, 1995. – 184 с.
2. Борейко В. Покося в заповедниках: экологически опасно и морально неоправдано // Степной бюллетень. – 2006. – № 20. – С. 26 – 28.
3. Боровик Л. П., Боровик Е. Н. Проблема режима сохранения степи в заповедниках: пример Стрельцовской степи // Степной бюллетень. – 2006 – № 20. – С. 29 – 33.
4. Гавриленко В. С. Поліваріантна система природокористування як основа збереження біорізноманіття в біосферному заповіднику «Асканія-Нова» // Активне збереження окремих видів флори і фауни, природних середовищ: мат-ли наук.-практ. семінару працівників установ природно-заповідного фонду (12-14 серпня 2014 року, Гетьманський НПП, Сумська обл.) / за заг. ред. М. П. Книшча, Г. В. Парчука. – Суми: Університетська книга, 2014. – С. 10 – 21.

5. Данилов В. И., Недосекина Т.В. О влиянии разных режимов содержания степи на длительное сохранения степной растительности в условиях заповедника «Галичья гора» // Проблемы сохранения и восстановления степных ландшафтов : материалы Межрегиональных научных чтений. – Оренбург, 1999. – С. 48.
6. Дидух Я. П., Лысенко Г. Н. Экологические проблемы охраны степей Украины // Степи Евразии : проблемы сохранения и восстановления. – С.-Пб.–М. : Ин-т географ. РАН, 1993. – С. 65 – 77.
7. Жерихин В. В. Природа и история травяных биомов // Степи Евразии: проблемы сохранения и восстановления. – С.Пб.–М. : Институт географии РАН, 1993. – С. 29 – 49.
8. Захаренко А. В., Грамма В. Н. К вопросу об управлении экосистемами степи // Современные проблемы заповедного дела : тез. докл. обл. научн. конф. – Курск, 1985. – С. 33 – 35.
9. Краснитский А. М. Проблемы заповедного дела. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 191 с.
10. Лысенко Г. Н. Влияние абсолютно заповедного режима на изменение гидротермических и эдафических факторов экотопов «Михайловской целины» (Украина) // Степи Евразии : сохранение природного разнообразия и мониторинг состояния экосистем. Материалы международного симпозиума. – Оренбург, 1997. – С. 53 – 54.
11. Лысенко Г. Н. В каком режиме сохранится луговая степь «Михайловской целины»? // Степной бюллетень. – 2005. – № 18. – С. 10 – 14.
12. Лысенко Г. Н. Луговая степь «Михайловская целина» (Украина): проблема выбора режимов заповедания // История заповедного дела : мат-лы междунар. научн. конфер. – Борисовка, 2005. – С. 133 – 136.
13. Лысенко Г. Н. Степные заповедники Украины как флористические инсультные геосистемы // Живые объекты в условиях антропогенного пресса: материалы X Международной научно-практической экологической конференции (г. Белгород, 15-18 сентября 2008 г.). – Белгород : ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2008. – С. 122.
14. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2012 році. – К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, Олді-плюс. – 2014. – 282 с.
15. Осичнюк В. В. Деякі особливості заповідного режиму у відділеннях Українського державного степового заповідника // Укр. ботан. журн. – 1979. – Т. 36, № 4. – С. 347 – 352.
16. Петрович О. З., Іваненко Є. І., Драпалюк А. М. Аналіз структури та територіальної репрезентативності Природно-заповідного фонду України // Збірник наук. праць ДНБС. – 2013. – Т. 135. – С. 7 – 16.
17. Разумовский С. М. Закономерности динамики биоценозов. – М. : Наука, 1981. – 231 с.
18. Семенова-Тян-Шанская А. М. Накопление и роль подстилки в травяных сообществах. – Л. : Наука, 1977. – 191 с.
19. Ткаченко В. С. Фітоценогічний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 184 с.
20. Ткаченко В. С., Лысенко Г. Н. Комплексные мероприятия по охране луговой степи «Михайловской целины» // Проблемы сохранения разнообразия природы степных и лесостепных регионов. Материалы российско-украинской науч. конф. посвящ. 60-летию Центрально-Черноземного заповедника (пос. Заповедный, Курск. обл., 22 – 27 мая 1995 г.). – М. : KMC Scientific Press Ltd., 1995. – С. 74 – 76.

УДК 632.118.3: 581.557.24

## THE ROLE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL SYMBIOSIS IN <sup>134</sup>CS UPTAKE BY CROP AND WILD PLANT SPECIES

Sergiy Dubchak

Ph.D. in biology, Associate Professor, State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, V. 03035, V.Lypkivsky str. 35, build. 2, sergiy.dubchak@yahoo.com

The role of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in <sup>134</sup>Cs isotope uptake by different plant species is studied. The impact of radiocaesium on mycorrhizal development and functioning of plant photosynthetic apparatus is considered. The possibility of mycorrhizal symbiosis application in phytoremediation of radioactively contaminated areas is analyzed. It is found that colonization of plants by arbuscular mycorrhizal fungus resulted to significant decrease of radiocaesium content in their aboveground parts, while it didn't have considerable impact on the radioclode uptake by plant root system. *Keywords:* radiocaesium, radioactive contamination of environment, arbuscular mycorrhiza, arbuscular mycorrhizal fungi, plant photosynthetic apparatus, mycorrhizal colonization, phytoremediation.

**Роль арбускулярного мікоризного симбіозу в накопиченні <sup>134</sup>Cs дикорослими та культурними видами рослин. Сергій Валерійович Дубчак.** Досліджено роль арбускулярного мікоризного гриба *Glomus intraradices* у накопиченні ізотопу <sup>134</sup>Cs різними видами рослин. Розглянуто вплив радіоцезію на розвиток мікоризи та функціонування фотосинтетичного апарату рослин. Проаналізовано можливість застосування мікоризного симбіозу у фіторемерації радіаційно забруднених територій. Встановлено, що колонізація рослин арбускулярним мікоризним грибом призвела до суттєвого зменшення концентрації радіоцезію в їхній надземній частині й водночас не мала значного впливу на надходження радіонукліда до кореневої системи рослин. *Ключові слова:* радіоцезій, радіоактивне забруднення довкілля, арбускулярна мікориза, арбускулярні мікоризні гриби, фотосинтетичний апарат рослин, мікоризна колонізація, фіторемерація.

**Роль арбускулярного мікоризного симбіозу в накопиченні <sup>134</sup>Cs дикорастущими и культурными видами растений. Сергей Валериевич Дубчак.** Исследована роль арбускулярного микоризного гриба *Glomus intraradices* в накопиченні ізотопу <sup>134</sup>Cs різними видами рослин. Рассмотрено влияние радиоцезия на развитие микоризы и функционирование фотосинтетического аппарата растений. Проанализирована возможность применения микоризного симбиоза в фиторемерации радиоактивно загрязненных территорий. Установлено, что колонизация арбускулярным микоризным грибом привела к существенному уменьшению концентрации радиоцезия в их надземной части и одновременно не имела значительного влияния на поступления радионуклида в корневую систему растений. *Ключевые слова:* радиоцезий, радиоактивное загрязнение окружающей среды, арбускулярная микориза, арбускулярные микоризные грибы, фотосинтетический аппарат растений, микоризная колонизация, фиторемерация.

**Statement of the problem.** The radiocaesium isotopes have been introduced into the environment via various routes for last several decades. Altogether, roughly 1 EBq (10<sup>18</sup> Bq) of long-lived <sup>137</sup>Cs was released to the Earth's biosphere in the XX – XXI<sup>th</sup> centuries that resulted to contamination of vast areas all over the



world. About 90 % of radiocaesium was originated from atmospheric nuclear testing, approximately 4 % was released by fuel reprocessing and nuclear fuel facilities and roughly 6 % – by Chernobyl and Fukushima accidents. Nowadays the  $^{137}\text{Cs}$  absorption by plants and its accumulation, therefore, represents the main source of human exposure to this radionuclide. The principal route of radiocaesium entry into biological food chain in terrestrial ecosystems is the soil-to-plant pathway. This radionuclide is expected to remain in the rooting zone of plants for decades and respectively to be involved in biological migration chains. However, the mechanisms by which radiocaesium is taken up by plant roots are not completely understood.

**Analysis of recent studies and publications.** Recently the alternative strategies, orientated towards the use of plants and micro-organisms, separately or in combination, have been proposed for removing or immobilizing radiocaesium and other radionuclides in the soil [1,2]. Among these micro-organisms, mycorrhizal fungi received a particular attention. An estimated 90 % of terrestrial plants exist in a symbiotic association with soil fungi forming mycorrhizal associations. Among them, the obligate arbuscular mycorrhizal (AM) fungal symbionts are supposed to have a principal role [3]. These fungi are important participants in the Cs cycle in the upper layers of soils. They have strong impact on mobility of radiocaesium in the soil and result to unavailability of this radionuclide to the other components in ecosystems [4]. At the same time, it was demonstrated [5] that AM fungi can transform and immobilize radionuclides and correspondingly limit their toxicity and bioavailability to plants and spreading into the soils. Accordingly, plants

growing in contaminated soil could obtain benefit from their AM fungal symbiotic partners.

Nevertheless, the role of arbuscular mycorrhizal fungi on the acquisition of radiocaesium by plants remains poorly understood and controversial. The lack of clear results on the capacity of AM fungi to accumulate or transport Cs could be principally attributed to different and inadequate experimental systems used in previous studies. Furthermore, the various AM fungi and plants studied could also explain the controversial conclusions obtained, since AM fungi and plants have probably different capacity to accumulate and transport radiocaesium.

**Objectives of research.** The goals of this work were to identify the capacity of AM fungi to take up and transfer caesium isotopes to their hosts as well as to estimate the influence of arbuscular mycorrhiza on radiocaesium uptake by plants and impact of radiocaesium on development of AM fungal symbioses.

**The main material of the study.** Four plant species (*Plantago lanceolata*, *Medicago truncatula*, *Lolium perenne* and *Helianthus annuus*) capable to form efficient association with a broad range of AM fungi were selected for our study. The plants were cultivated in the presence or absence of AM fungus *Glomus intraradices* (strain BIO, obtained from BIORIZE, Dijon, France). The  $^{134}\text{Cs}$  isotope (obtained from "POLATOM" Radioisotope Centre, Otwock-Świerk, Poland) in was added to sterilized substrata in pots in form of CsCl water solution.  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration was adjusted to 100 000 Bq per pot (77 000 Bq·kg<sup>-1</sup>). The plants were grown in transparent Sun bags (Sigma<sup>TM</sup> Aldrich, Poznan, Poland) in a

growth chamber at 20 °C, with a photoperiod of 12 h light and 12 h darkness, at photosynthetic photon flux density  $30 \pm 6 \mu\text{mol}\cdot(\text{s}\cdot\text{m}^2)^{-1}$  and harvested each three months.

The activity concentration of  $^{134}\text{Cs}$  in roots and shoots of plants was determined using a gamma-spectrometer with semiconductor p-type coaxial high purity HP-Ge detector with a relative efficiency of 15 % and resolution of 2.5 keV at 1.33 MeV, shielded by 10 cm of lead with inner lining with 2 mm Cd and 18 mm Cu.

For the estimation of mycorrhizal colonization, the roots of plants were carefully washed with tap water, softened in 10% potassium hydroxide for 24 hours, washed in water again, acidified in 5% lactic acid in water for 12 – 24 h and stained with 0.01% aniline blue in lactic acid (to visualize AMF) for 24 h at room temperature. The root fragments were mounted and squashed on the slide covered with lactoglycerole. The parameters of AM colonization were assessed according to the method developed in [6] that assumes six levels of mycorrhizal colonization (from 0 to 5). The relative mycorrhizal root length (M%), intensity of colonization within individual mycorrhizal roots (m%), relative arbuscular richness (A%) and arbuscule richness in root fragments where the arbuscules were present (a%) were evaluated using Nikon Eclipse 800 light microscope equipped with Nomarski contrast and fluorescence.

The photosynthetic activity of plants was evaluated using a Plant Efficiency Analyzer fluorimeter (Hansatech Instruments, UK) estimating Chlorophyll *a* fluorescence transients of intact plant leaves. The Chl *a* fluorescence transients (OJIP transients) were induced by a

red light pulse (peak at 650 nm) of 600 W·m<sup>-2</sup> intensity provided by an array of three light-emitting diodes. The transients were recorded for 1 s with 12 bit resolution, starting 10 μs after the onset of illumination. Each transient was analyzed according to the OJIP-test based on the theory of energy fluxes in biomembranes [7]. The selected original data were processed by means of their utilization for the calculation of biophysical parameters by the JIP-test equation and the number of biophysical parameters were calculated. Among them, the most parameters are the performance indexes PI<sub>abs</sub> (evaluated on the base of light absorption) and PI<sub>total</sub> (total performance index). PI<sub>abs</sub> and PI<sub>total</sub> comply all basic biophysical parameters and represent the photosynthetic system vitality.

### Part 1. $^{134}\text{Cs}$ uptake by plant species.

*P. lanceolata* inoculated with *G. intraradices* contained  $66846 \pm 11029$  Bq·kg<sup>-1</sup> of  $^{134}\text{Cs}$  in their shoots, that is considerably lower in comparison with the radionuclide activity concentration in nonmycorrhizal plant shoots ( $87500 \pm 12333$  Bq·kg<sup>-1</sup>). At the same time,  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration in roots of mycorrhizal and nonmycorrhizal *P. lanceolata* wasn't differed significantly, although the slightly higher radiocaesium concentration ( $18.1 \pm 9.9$  %) was found in roots of nonmycorrhizal plants (Fig. 1A). Due to the higher biomass of mycorrhizal *P. lanceolata*, the  $^{134}\text{Cs}$  activity in roots and shoots of single mycorrhizal and nonmycorrhizal plant (Bq·plant<sup>-1</sup>, dry weight) and correspondingly the total radiocaesium activity in a single plant

(i.e. shoots plus roots) weren't differed substantially ( $p < 0.05$ ). The root/shoot ratios of  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration in *P. lanceolata* colonized with *G. intraradices* were slightly (about 11 %) higher as compared to those of nonmycorrhizal ones. As it's known [8], the higher root/shoot ratios of caesium content in plants indicates the reduced root to shoot translocation of this element, thus the tendency of the mycorrhiza to reduce radionuclide translocation from *P. lanceolata* roots to shoots was revealed.

The colonization of *M. truncatula* with *G. intraradices* also caused a significant reduction of radiocaesium uptake in plant shoots. Thus,  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration in aboveground part of mycorrhizal *M. truncatula* was  $86888 \pm 20022 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , whereas shoots of nonmycorrhizal plants contained  $132100 \pm 15505 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  of this radionuclide. At the same time, the mycorrhiza resulted to considerable (18.8  $\pm$  5.6 %) increase of radiocaesium activity concentration in *M. truncatula* roots in comparison with that in nonmycorrhizal plants (see Fig. 2B). The distribution of  $^{134}\text{Cs}$  activity between aboveground and underground parts of mycorrhizal and nonmycorrhizal *M. truncatula* was differed. Thus, the radionuclide activity concentration in roots of mycorrhizal *M. truncatula* was  $45.5 \pm 14.7$  % lower than in their shoots. The opposite tendency was observed in case of nonmycorrhizal plants, where  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration in shoots was  $24.2 \pm 8.9$  % higher than in roots (see Fig. 2B). No statistically significant differences were found between dry masses of mycorrhizal and nonmycorrhizal plants, although both roots and shoots of AM inoculated *M. truncatula* grown on  $^{134}\text{Cs}$  spiked substrata had slightly higher weight (about 14 and

12 % correspondingly) as compared to those of nonmycorrhizal plants. The colonization of plants grown on radioactively contaminated substrata also led to moderate (about 10 %) increase of their shoot length. The evaluated  $^{134}\text{Cs}$  activity in shoots of single mycorrhizal alfalfa was  $9.3 \pm 0.6 \text{ Bq}$ , whereas shoots of nonmycorrhizal *M. truncatula* contained significantly higher amount of radiocaesium ( $12.3 \pm 0.6 \text{ Bq}$ ). On the contrary, the radionuclide activity in roots of mycorrhizal alfalfa was substantially higher ( $3.1 \pm 0.1 \text{ Bq}$ ) as compared to that of nonmycorrhizal plants ( $2.3 \pm 0.2 \text{ Bq}$ ). Consequently, mycorrhizal *M. truncatula* had significantly lower total activity of radiocaesium ( $12.4 \pm 0.7 \text{ Bq}$ ) when compared to that of nonmycorrhizal plants ( $14.6 \pm 0.8 \text{ Bq}$ ). The radionuclide translocation from underground to aboveground parts of plants was more intensive in case of nonmycorrhizal alfalfa. Their root/shoot ratio of  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration was  $0.81 \pm 0.28$  being considerably lower in comparison with that of mycorrhizal *M. truncatula* ( $1.45 \pm 0.41$ ).

The harvested plants of *L. perenne* mycorrhizal with *G. intraradices* had more than two fold lower  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration both in their roots and shoots as compared to those of nonmycorrhizal plants. The  $^{134}\text{Cs}$  distribution within *L. perenne* demonstrated that the radionuclide activity concentration in aboveground parts of both mycorrhizal and nonmycorrhizal ryegrass was about three times lower when compared to that of plant underground parts (see Fig. 1C). Dry weights of mycorrhizal and nonmycorrhizal *L. perenne* and their shoot length weren't differed considerably, however the biomass of plants colonized with *G. intraradices* and grown on substrata

spiked with  $^{134}\text{Cs}$  was slightly (less than 10 %) higher when compared to that of nonmycorrhizal species. Hence, the colonization with *G. intraradices* resulted to considerable decrease of  $^{134}\text{Cs}$  activity (Bq per plant) in shoots ( $76.3 \pm 22.8$  %) and roots ( $53.3 \pm 15.8$  %) of single mycorrhizal ryegrass as compared to that of nonmycorrhizal plants.

As opposed to plant species considered above, the colonization of *H. annuus* with *G. intraradices* resulted to significant increase of  $^{134}\text{Cs}$  uptake by plants. Thus, the radiocaesium activity concentrations both in underground and aboveground parts of mycorrhizal sunflowers were nearly 10 fold greater when compared to those of nonmycorrhizal plants (see Fig. 1D). At the same time, roots of both mycorrhizal and nonmycorrhizal sunflowers had about 50 % higher  $^{134}\text{Cs}$  activity concentrations when compared to plant shoots.

The presence of  $^{134}\text{Cs}$  didn't have appreciable impact on *H. annuus* growth parameters, and the most distinct was the mycorrhiza influence. Thus, the mycorrhizal *H. annuus* grown on radioactive and clean substrata produced correspondingly 12 and 11 % longer shoots as compared to those of nonmycorrhizal plants. The shoots dry weight of mycorrhizal *H. annuus* grown both on radioactively contaminated and non-polluted soil exceeded substantially (about 70 and 80 % respectively) shoots dry weight of nonmycorrhizal ones. The degrees of  $^{134}\text{Cs}$  translocation from roots to shoots of mycorrhizal and nonmycorrhizal *H. annuus* weren't differed considerably due to similar root/shoot ratios of the radionuclide activity concentration ( $1.54 \pm 0.10$  and  $1.47 \pm 0.21$  correspondingly).

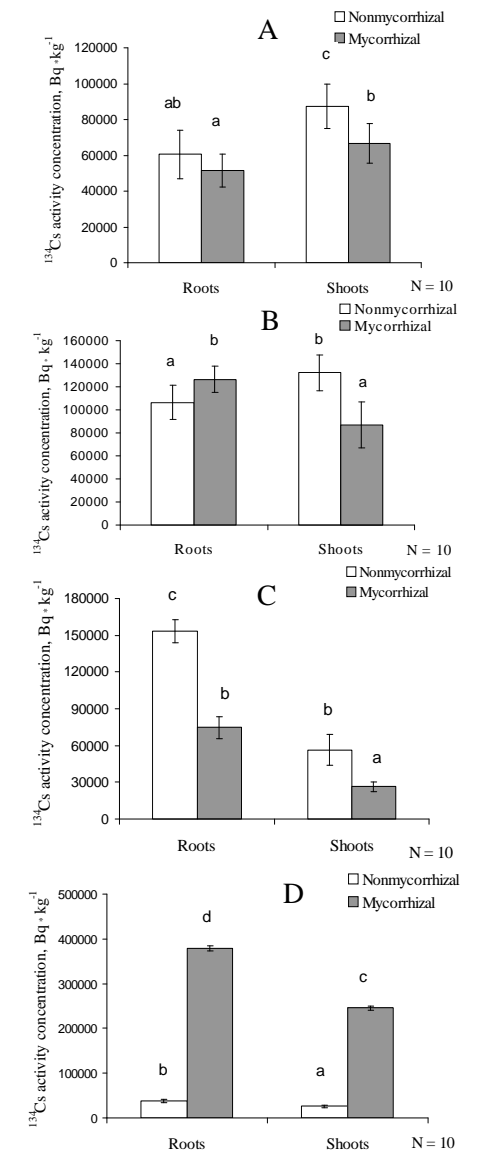


Fig. 1.  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration ( $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in roots and shoots of *Plantago lanceolata* (A), *Medicago truncatula* (B), *Lolium perenne* (C) and *Helianthus annuus* (D) mycorrhizal or not with *Glomus intraradices* and grown on substrata spiked with  $^{134}\text{Cs}$  ( $77\,000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). The results are presented as mean  $\pm$  standard deviation. The different letters above bars mean statistically significant differences ( $p < 0.05$ ).

## Part 2. Functioning of plant photosynthetic apparatus.

The most of photosynthesis biophysical parameters both in mycorrhizal and nonmycorrhizal plants cultivated on substrata with  $^{134}\text{Cs}$  weren't varied considerably as compared to those of control ones (Fig. 2A-2D). The exception was observed only in case of *M. truncatula* grown on radioactively contaminated substrata which had considerably lower efficiency of trapped excitation movement into electron transport chain ( $\psi_{E_0} = \text{ET}_0/\text{TR}_0$ ) and maximum yield of electron transport ( $\phi_{E_0} = \text{ET}_0/\text{ABS}$ ) when compared to those of control plants from clean substrata. Also, the total and absorption vitality indexes ( $\text{PI}_{\text{abs}}$  and  $\text{PI}_{\text{total}}$ ) of these alfalfas were respectively  $33.2 \pm 12.9$  and  $42.0 \pm 18.7$  % lower than those of control plants (Fig. 2B).

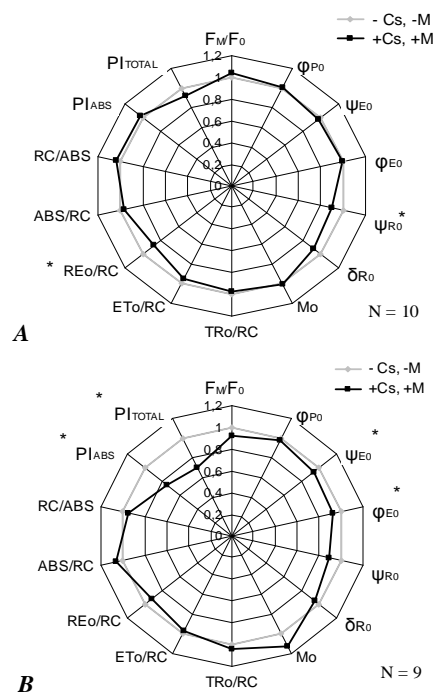


Fig. 2. Biophysical parameters of photosynthesis of *Plantago lanceolata* (A), *Medicago truncatula* (B), *Lolium perenne* (C) and *Helianthus annuus* (D): nonmycorrhizal (control) plants grown on clean soil (-Cs, -M) and plants mycorrhizal with *Glomus intraradices* and cultivated on substrata spiked with  $^{134}\text{Cs}$  (+Cs, +M). Values on plots are presented in relative units and normalised on those of the control plants. \* - means statistically significant difference ( $p < 0.05$ ).

The fungal colonization of plant species grown on radioactive substrata had positive impact on functioning of *H. annuus* photosynthetic apparatus (Fig. 2D). In this case, the AM inoculation of plants cultivated on radioactive soil improved vitality indexes of sunflowers. Thus,  $\text{PI}_{\text{abs}}$  of mycorrhizal *H. annuus* was correspondingly  $41.4 \pm 11.3$  and  $36.3 \pm 12.5$  % higher than those of nonmycorrhizal plants grown

on soil with  $^{134}\text{Cs}$  and control plants. In turn,  $\text{PI}_{\text{total}}$  of mycorrhizal sunflowers exceeded considerably those of nonmycorrhizal plants cultivated on radioactive substrata as well as control plants ( $40.0 \pm 9.7$  and  $44.8 \pm 11.9$  % respectively, Fig. 2D).

## Part 3. Arbuscular mycorrhizal colonization of plants.

Both treated with radiocaesium and control plant species were characterized with high mycorrhizal frequency (F%) that exceeded 90 %. The intraradical structures of the AM fungus were morphologically typical for Arum-type mycorrhizae. The intraradical hyphae of *G. intraradices* propagated between cortical root cells at long distances and formed lateral branches, which penetrated cells and produced arbuscules inside them (Fig. 3). The presence of numerous intercellular vesicles was characteristic for nearly 80 % of studied root fragments. The spores of *G. intraradices* that have thicker walls in comparison with vesicles were found only in several root fragments.

The most of AM colonization parameters of plants cultivated on substrata spiked with  $^{134}\text{Cs}$  and non-polluted soil weren't differed significantly (Fig. 4A,C,D). Although, in case of *M. truncatula* the presence of radiocaesium resulted to considerable (about 30 %) decrease of mycorrhizal colonization intensity for all and individual mycorrhizal plant roots (M,% and m,% correspondingly) when compared to those of control plants (Fig. 4B).

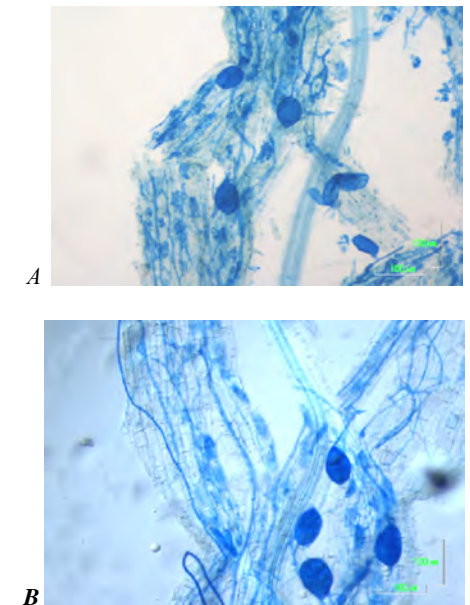
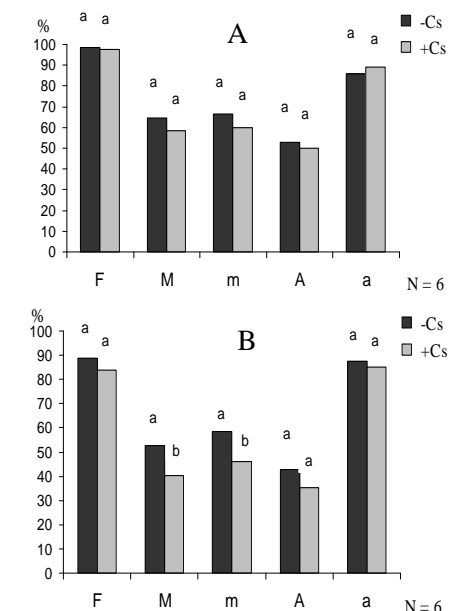


Fig. 3. Arbuscules and vesicles of *Glomus intraradices* within roots of *Plantago lanceolata* (A) and *Medicago truncatula* (B) cultivated on substrata treated with  $^{134}\text{Cs}$  ( $77\,000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).



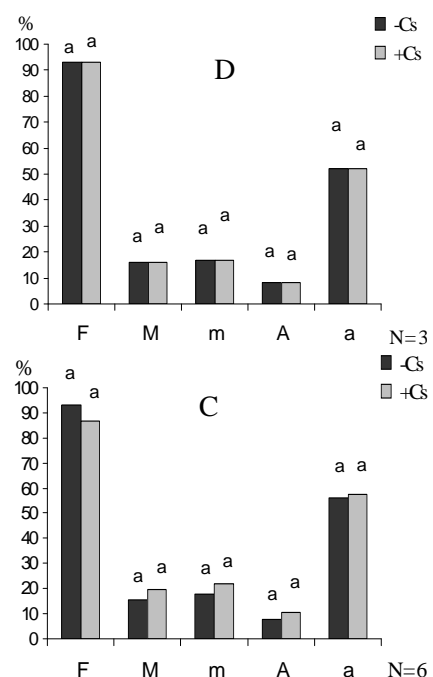


Fig. 4. Arbuscular mycorrhizal colonization parameters of *Plantago lanceolata* (A), *Medicago truncatula* (B), *Lolium perenne* (C) and *Helianthus annuus* (D) inoculated with *Glomus intraradices*: F% - frequency of mycorrhiza; M% - mycorrhizal colonization intensity for all roots; m% - mycorrhizal colonization intensity within individual mycorrhizal roots; A% - arbuscular richness for all roots; a% - arbuscular richness in root fragments where the arbuscules were present, medians. Plants were cultivated on clean substrata (-Cs) and substrata spiked with  $^{134}\text{Cs}$  (+Cs). The different letters above bars mean statistically significant differences ( $p < 0.05$ ).

The principal goals of the research were to compare the possible influence of mycorrhiza on various AM fungal symbionts cultivated on the same substrata under the impact of  $^{134}\text{Cs}$ . Our results suggest that inoculation with AMF changed substantially the uptake of  $^{134}\text{Cs}$  by studied plant species and influ-

enced the translocation of caesium isotopes within the plants. The arbuscular mycorrhiza resulted to considerable decrease of  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration in shoots of *P. lanceolata*, *M. truncatula* and *L. perenne* when compared to nonmycorrhizal ones. The most significant (about threefold) reduction of  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration was found in shoots of mycorrhizal *L. perenne*. This result contradicts to the data obtained by [9] who found that inoculation with arbuscular mycorrhiza significantly enhanced uptake of  $^{137}\text{Cs}$  by ryegrass.

The exception in our study was *H. annuus* where the AM colonization led to nearly tenfold increase of  $^{134}\text{Cs}$  activity concentration both in plant roots and shoots. The sunflower was previously shown to be an effective hyperaccumulator of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$  [10], although the ability of this plant to form mycorrhiza has not been studied. In our case *H. annuus* revealed its ability of  $^{134}\text{Cs}$  hyperaccumulation only in the presence of the mycorrhiza. Also, *H. annuus* was only plant species in our experiment whose shoot biomass was significantly affected by the impact of AM fungus. Such contradictory findings demonstrate that basic knowledge of Cs potential uptake mechanisms are needed to facilitate the design of countermeasures to reduce or enhance the transfer of radiocaesium into plants.

**Conclusions.** In summary, *M. truncatula* was suggested to be the most sensitive plant species relative to the radiocaesium impact. Due to considerable reduction of caesium in their shoots this plant species as well as *P. lanceolata* and *L. perenne* couldn't be applied in phytoremediation, but they may be potentially used in phytostabilization of the radioactively polluted ecosystems.

On the other hand, the use of *H. annuus* with its Cs hyperaccumulation properties conditioned by mycorrhiza for the phytoremediation is also questionable. In our study, the evaluated total activity of  $^{134}\text{Cs}$  accumulated in biomass of sunflowers grown in one pot (two plants) during three months was 221 Bq. This is only 2.2 % from total radiocaesium activity in the pot (100 000 Bq). Extrapolating these data for a longer term and assuming the plant active growth period is about 6 months per year, we can roughly estimate that nearly two decades are needed to remove radiocaesium completely from the soil. This assumption doesn't take into consideration the natural factors, such as the radiocaesium migration, inhomogeneous distribution in soil and possible leaching of the radionuclide below the 30 – 40 cm (i.e. outside of root zone) as well as potential impact of another AM fungi and various soil microorganisms on the radionuclide uptake by plants.

The number of authors proposed using of AM fungi in phytoremediation strategies for radiocaesium contaminated areas to enhance radionuclide re-

moval by plant biomass [1, 11, 12]. Although, the effects of AM fungi on Cs accumulation could be applied in strategies to develop crops with smaller soil-to-plant transfer factors which accumulate less Cs [8, 12]. Such plant species may be potentially grown within areas with moderate radiocaesium contamination levels and further used in agricultural purposes, if the radionuclide content in their biomass doesn't exceed the prescribed permissible levels. Our results demonstrated the capacity of AM fungi to influence the acquisition and accumulation of caesium isotopes by plants by immobilizing, transporting and affecting the root-to-shoot translocation. Nevertheless the AM fungal ability to take part in phytoremediation strategies still remains questionable and needs for further researches.

**Acknowledgements.** This research project was supported by a Marie Curie Early Stage Research Training Fellowship of the European Community's Sixth framework Programme under contract number MEST-CT-2005-020387.

## References

1. Entry J.A., Vance N.C., Hamilton M.A. et al. Phytoremediation of soil contaminated with low concentrations of radionuclides // *Water Air Soil Pollut.* – 1996. – Vol. 88. – P. 167 – 176.
2. Galanda D., Matel L., Strisovska J., Dulanska S. Mycoremediation: the study of transfer factor for plutonium and americium uptake from the ground // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* – 2014. – Vol. 299. – P. 1411 – 1416.
3. Entry J.A., Astrud L.S., Reeves M. Accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  from contaminated soil by three grass species inoculated with mycorrhizal fungi // *Environ. Pollut.* – 1997. – Vol. 104. – P. 449 – 457.
4. Dupré de Boulois H., Joner E.J., Leyval C. et al. Role and influence of mycorrhizal fungi on radiocaesium accumulation by plants // *J. Environ. Radioact.* – 2008. – Vol. 99. – P. 785 – 800.
5. Chen B.D., Jakobsen I., Roos P., Borgaard O.K., Zhu Y.G. Mycorrhiza and root hairs enhance acquisition of phosphorus and uranium from phosphate rock but mycorrhiza decreases root to shoot uranium transfer // *New Phytol.* – 2005. – Vol. 165. – P. 591 – 598.
6. Trouvelot A., Kough J.L., Gianinazzi-Pearson V. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification

- fonctionnelle // Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae // INRA Press Paris. – 1986. – P. 217 – 221.
7. Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient // Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration Series. Kluwer Academic Publishers. Rotterdam. – 2004. – Vol. 19. – P. 321 – 362.
  8. Gyuricza V., Declerck S., Dupré de Boulois H. Arbuscular mycorrhizal fungi decrease radiocesium accumulation in *Medicago truncatula* // J Environ Radioact. – 2010. – Vol. 101. – P. 591 – 596.
  9. Rosen, K., Zhong W.L., Martensson A. Arbuscular mycorrhizal fungi mediated uptake of <sup>137</sup>Cs in leek and ryegrass // Sci. Total Environ. – 2005. – Vol. 338, No. 3. – P. 283 – 290.
  10. Hornik M., Pipiska M., Vrtoch L. et al. Bioaccumulation of Cs-137 and Co-60 by *Helianthus annuus* // Nukleonika. – 2005. – Vol. 50. – P. 49 – 52.
  11. Dubchak S., Ogar A., Mietelski J.W., Turnau K. Influence of silver and titanium nanoparticles on arbuscular mycorrhiza colonization and accumulation of radiocaesium in *Helianthus annuus* // Span J Agric Res. – 2010. – Vol. 8. – P. 103 – 108.
  12. Willey N. Amelioration of soils contaminated with radionuclides: Exploiting biodiversity to minimize or maximise soil to plant transfer // Radioprotection. – 2005. – Vol. 40. – P. 819 – 824.

## ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО

УДК 504.064; 614.835.3

### ТЕХНОГЕННІ РИЗИКИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС РЕМОНТНИХ РОБІТ РЕЗЕРВУАРІВ ІЗ НАФТОПРОДУКТАМИ

Липовий В. О., Удянський М. М.

Національний університет цивільного захисту України,

вул. Чернишевська, 94, 61023, м. Харків

[lipovoy\\_vladimir@mail.ru](mailto:lipovoy_vladimir@mail.ru)

Наведено інформацію щодо поліпшення стану забезпечення екологічної безпеки навколо небезпечних об'єктів з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатуванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами шляхом управління техногенними ризиками з урахуванням впливу чинників на їх значення. *Ключові слова:* техногенний ризик, забруднення довкілля, резервуар з нафтопродуктами, пробіт-функція, нафтозалишки.

**Техногенные риски загрязнения окружающей среды при проведении ремонтных работ резервуаров с нефтепродуктами.** Липовой В.А., Удянский Н.Н. Приведена інформація об удлученні состояния обеспечения экологической безопасности вокруг опасных объектов с наличием технологических процессов, связанных с эксплуатацией и проведением ремонтных работ резервуаров с нефтепродуктами, путем управления техногенными рисками с учетом влияния факторов на их значение. *Ключевые слова:* техногенный риск, загрязнение окружающей среды, резервуар с нефтепродуктами, пробит-функция, нефтеостаток.

**Man-caused environmental pollution during repair tanks with oil.** Lipovoy V.O., Udyansky N.N. The data on the improvement of environmental safety around dangerous objects to the presence of processes associated with the operation and maintenance work tanks with oil by controlling technological risks, taking into account certain factors influence their value. *Keywords:* technological hazards, pollution, oil reservoir, the probit function, the residue oil.

Аварійні викиди та витіки шкідливих речовин внаслідок проведення регламентних та ремонтних робіт з очищення внутрішніх технологічних поверхонь резервуарів із нафтопродуктами можуть призвести до локального та катастрофічного рівня за-

вдання шкоди довкіллю та життєдіяльності людей.

Статистика свідчить, що понад 20% усіх пожеж на резервуарах зберігання нафтопродуктів відбувається через порушення вимог пожежної безпеки при проведенні ремонтних

робіт. При цьому на резервуарах кожна друга пожежа пов'язана саме з цією операцією.

У наукових дослідженнях з визначення техногенних, екологічних та інших ризиків недостатню увагу приділено питанню забезпечення екологічної безпеки навколо небезпечних об'єктів з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатуванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами шляхом управління техногенними ризиками, визначеними з урахуванням впливу чинників на їх значення [1-2].

Мета роботи – виявлення впливу чинників на техногенні ризики забруднення довкілля шкідливими речовинами, які утворюються внаслідок експлуатування та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами. Це наукове підґрунтя зазначеними ризиками в системі за-

безпечення екологічної безпеки та умов надійної безпеки життєдіяльності людини навколо таких об'єктів.

#### Виклад основного матеріалу

Проведено аналіз існуючих методів очистки резервуарів для зберігання нафтопродуктів від залишкових забруднень, характеру цих забруднень їх впливу на екологічну та пожежну безпеку. Розглянуто існуючі і перспективні конструкції устаткування для очищення резервуарів.

В процесі розвантаження резервуарів частка нафтопродуктів затримується на внутрішніх поверхнях, конструкціях у вигляді суцільного (прилиплого) шару. Крім цього, певна частка їх залишається в трубах, арматурі і насосах вантажної і зачисної систем. На днище резервуара осідають домішки, парафіни, асфальтосмолисті включення, продукти корозії, що відшарувалися (рис. 1).

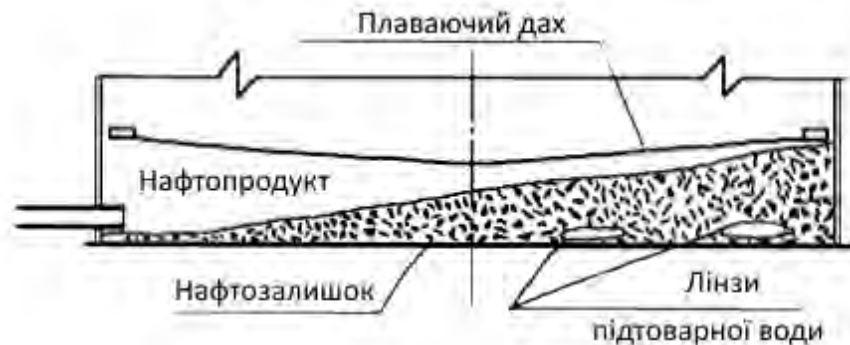


Рис. 1 – Розподіл осаду нафтозалишків по днищу резервуара з нафтопродуктами

У результаті утворюється невідкачуваний залишок, кількість якого змінюється в широких межах і залежить фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів, температурного ре-

жиму транспортування, технічного стану вантажної системи тощо [2].

Кількість невідкачуваного залишку зазвичай становить 0,3 - 0,6% нафтопродукту залежно від його типу (рис. 2).

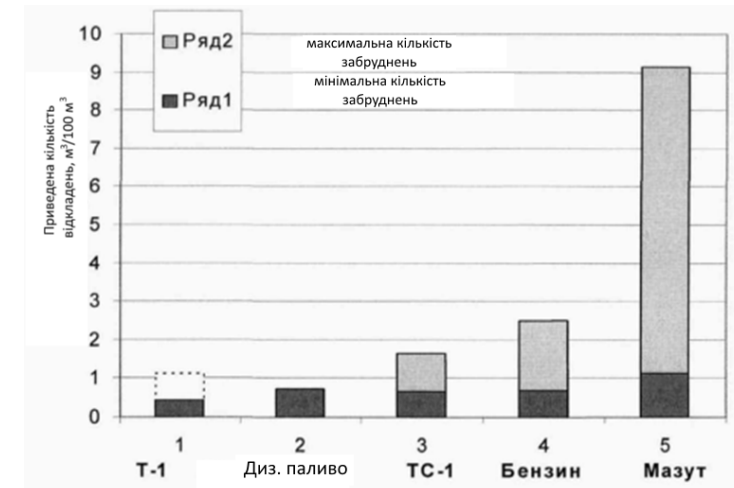


Рис. 2. Кількість залишкових забруднень наведена на 100 м³ місткості резервуару

Аналіз існуючих технологій показав, що в роботах по спеціальних технологічних операціях (навантаження, вивантаження, підігрів, інертизація газового середовища, мийка) не приділялося достатньої уваги вивченню питання екологічної безпеки процесу очищення резервуарів від залишків нафтопродуктів.

Вивчення стану забезпечення екологічної безпеки на об'єктах з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатуванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, виявлено, що поліпшення їх стану може бути досягнуто шляхом управління техногенними ризиками, визначеними з урахуванням впливу чинників на їх значення.

Проведено математичне моделювання процесу утворення на внутрішніх поверхнях стінок резервуару шкідливих технологічних відкладень з урахуванням фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів і темпера-

тури газоповітряного середовища в ньому, експериментально перевірено адекватність запропонованої моделі.

За результатами аналізу процесу утворення шару залишків нафтопродуктів на поверхнях резервуару після вивантаження сформовано модель у вигляді безрозмірної ступеневої залежності  $\rho\sigma / K^2 g = A(\eta^*)^a (\rho^*)^b (\sigma^*)^c$ , що описує стан шару нафтозалишків на поверхнях резервуару і встановлює взаємозв'язок між кількісною характеристикою нафтозалишків - коефіцієнтом налипання  $K$  та їх фізико-хімічними характеристиками (щільністю  $\rho$  (кг·м<sup>-3</sup>), в'язкістю  $\eta$  (кг·м<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>) і поверхневим натягом  $\sigma$  (кг·с<sup>-2</sup>).

Проведено експериментальні дослідження з шістьма видами нафтопродуктів, у якості яких використано кілька видів мазуту, що представляють весь ряд їх в'язкості. Виробництво їх здійснюється на основі існуючої сировинної бази (рис. 3). Температурний режим експериментів змінювався від 20 до 60° С. При цьому

кінематична в'язкість мазуту змінювалася в дуже широких межах - від  $40,0 \cdot 10^{-6}$  до  $15000,0 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

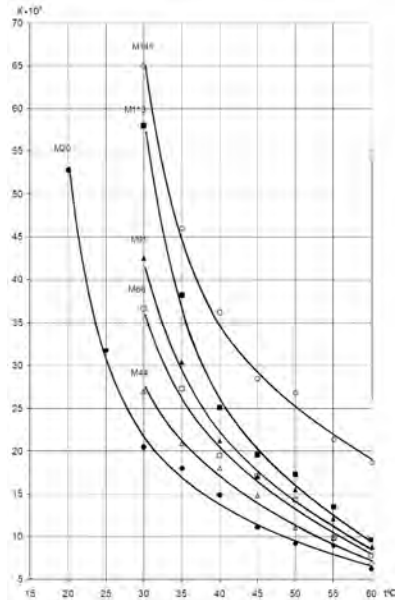


Рис. 3. Залежність величини коефіцієнта налипання мазуту від температури на вертикальну поверхню

Встановлено експоненціальну залежність коефіцієнта налипання нафтопродуктів від температури для вертикальних і горизонтальних поверхонь резервуарів, що описується системою безрозмірних емпіричних залежностей  $K=f(\rho, \eta, \sigma)$ , які дозволяють з достатньою достовірністю прогнозувати кількість технологічного залишку нафтопродуктів після вивантаження резервуару.

Визначені залежності показників нафтопродуктів, що характеризують їх адгезійну взаємодію з поверхнею резервуару, від температури (рис. 4):

- при зниженні температури від 60°C до 40 °C поверхневий натяг лінійно збільшується;

- при зниженні температури від 40 до 20 °C спостерігається нелінійне зростання поверхневого натягу;

- величина крайового кута лінійно підвищується при зниженні температури в усьому діапазоні від 60 до 20 °C.

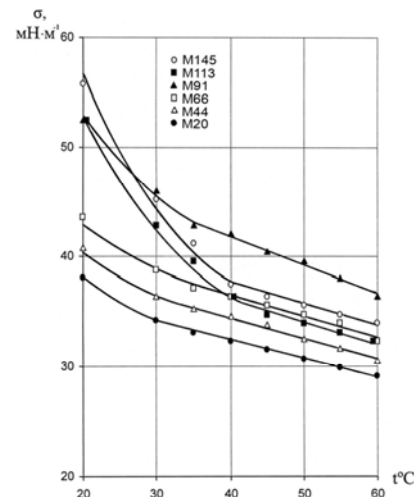


Рис. 4. Залежність поверхневого натягу мазуту від температури

З урахуванням одержаних результатів теоретичних та експериментальних досліджень розраховано можливі об'єми утворення продуктів очищення резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів з вмістом шкідливих речовин внаслідок технологічних операцій, пов'язаних з їх експлуатацією та проведенням ремонтних робіт.

Теоретично досліджено залежність викидів шкідливих речовин з резервуарів в атмосферу, що утворюються внаслідок робіт з їх очищення та температури мийної рідини.

При проведенні операцій хіміко-механізованого способу очищення резервуарів від залишків нафтопро-

дуктів відбувається інтенсифікація процесів випаровування нафтопродукту в вільний об'єм резервуара, в тому числі і за рахунок підведення тепла нагрітим розчином технічного мийного засобу [4].

При термічному впливі струменя технічного мийного засобу на залишки нафтопродуктів у резервуарі відбувається нагрівання нафтозалишку, в результаті чого концентрація вибухопожежонебезпечних парів нафтопродукту всередині резервуара підвищується. Необхідно дати кількісну оцінку процесу насичення вільного простору резервуара парами нафтопродукту.

В результаті рішення системи диференціальних рівнянь 1-го порядку встановлено залежність температури суміші нафтозалишку з мийним розчином ( $T$ ) від тривалості процесу нагрівання ( $\tau$ ) (час проведення очищення):

$$T_1 = \frac{Z_2}{Z_1 - Z_2} (T_1^\infty - T_1^0) e^{z_1 \tau} - \frac{Z_1}{Z_1 - Z_2} (T_1^\infty - T_1^0) e^{z_2 \tau} + T_1^\infty, \quad (1)$$

де  $z_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4C}}{2}$  - корені характеристичного рівняння.

За допомогою рівняння (1) можна визначити час, протягом якого нафтозалишок буде нагрітий до заданої температури, а також зміна температури нафтозалишку протягом цього часу.

У результаті вивчення процесів взаємодії нафтозалишків з поверхнею резервуара і впливу на них струменя мийної рідини розроблена концептуальна модель проблемної

області, що досліджується.

Із застосуванням пробіт-функції проведено теоретичні розрахункові дослідження з виявлення залежності ймовірності ураження людей і забруднення довкілля внаслідок аварій, пов'язаних з експлуатаванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, від параметрів технологічних відкладень та залишків нафтопродуктів, а також дано оцінку значенню техногенних ризиків.

Розрахункові величини техногенного ризику є кількісною мірою можливості реалізації екологічної та пожежної небезпеки об'єкта та її наслідків для людей.

Кількісною мірою можливості реалізації екологічної та пожежної небезпеки об'єкта є ризик загибелі людей в результаті впливу небезпечних факторів пожежі, в тому числі:

- ризик загибелі працівника об'єкта;
- ризик загибелі людей, що знаходяться в сільбищній зоні поблизу об'єкта.

Ризик загибелі людей в результаті впливу небезпечних факторів пожежі на об'єкті характеризується числовими значеннями індивідуального і соціального ризиків.

Для оцінки наслідків аварій з пожежами слід зіставляти величини небезпечних факторів пожежі з критеріями ураження цими небезпечними факторами людей, будівель, споруд та обладнання. Для оцінки пожежного ризику використовують, зазвичай ймовірнісні критерії ураження небезпечними факторами пожежі. Детерміновані критерії використовують за неможливості застосування ймовірнісних критеріїв (рис 5.).

Детерміновані критерії показують значення параметрів небезпечного фактора, за яких спостерігається будь-який рівень ураження людей або руйнування навколишніх будівель, споруд та обладнання. У разі використання детермінованих критеріїв умовна ймовірність ураження приймається рівною 1, якщо значення критерія перевищує гранично-допустимий рівень, і рівною 0, якщо значення критерія не перевищує гранично допустимий рівень ураження людей або руйнування навколишніх

будівель, споруд та обладнання. Наприклад, для пожежі спалаху приймається, що умовна ймовірність загибелі людини, що потрапила в зону впливу високотемпературними продуктами згоряння газопароповітряної хмари, дорівнює 1. За межами цієї зони умовна ймовірність загибелі людини приймається рівною 0.

Ймовірнісні критерії показують, яка ймовірність ураження людей або руйнування будівель, споруд і устаткування при заданому значенні небезпечного фактора пожежі.

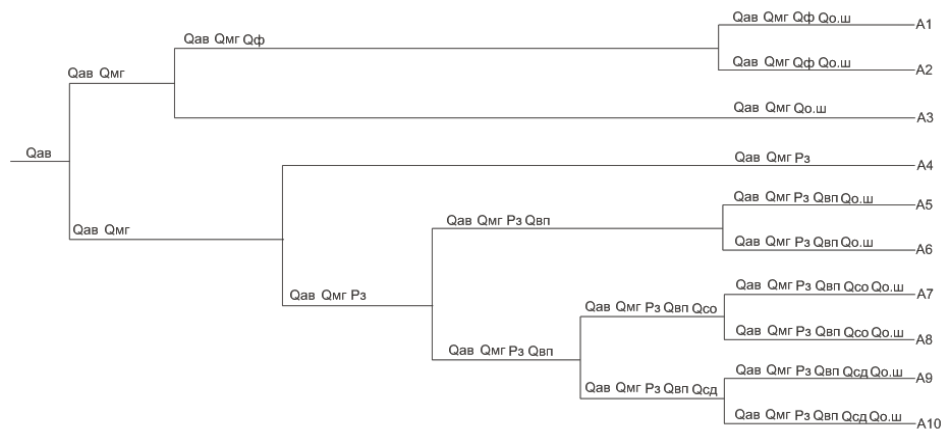


Рис. 5. Дерево подій при аваріях в резервуарах зберігання нафтопродуктів

На основі використання одержаних залежностей та пробіт-функції проведено теоретичні розрахунки дослідження з визначення техногенних ризиків ураження людей і забруднення довкілля внаслідок експлуатації та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, від параметрів технологічних відкладень, а також залишків нафтопродуктів, які за пізніми сценаріями виникнення аварійних ситуацій сягають значень від  $1,689 \cdot 10^{-8}$  до  $3,38 \cdot 10^{-5}$  рік $^{-1}$ .

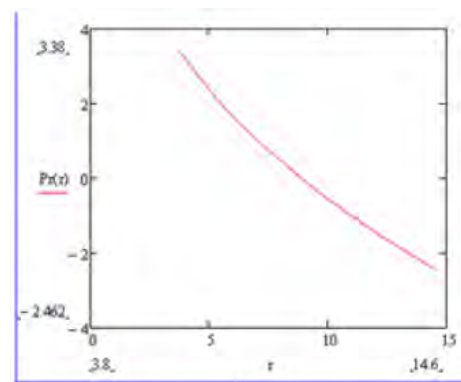


Рис. 6. Потенційний ризик ураження людей для пожежі проливу.

Розроблено методичні рекомендації щодо розрахунку і управління техногенними ризиками на об'єктах з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатаванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами.

### Висновки

Наведено розв'язання актуальної науково-технічної задачі з виявлення впливу чинників на техногенні ризики забруднення довкілля шкідливими речовинами, які утворюються внаслідок експлуатації та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами. Це наукове підґрунтя управління дослідженими

ризиками в системі забезпечення екологічної безпеки та умов надійної безпеки життя і діяльності людини навколо таких об'єктів.

Зроблено висновок, що використання одержаних залежностей та пробіт-функції щодо теоретичних розрахункових досліджень з визначення техногенних ризиків ураження людей і забруднення довкілля внаслідок експлуатації та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, від параметрів технологічних відкладень, а також залишків нафтопродуктів, які залежно від розглянутих сценаріїв виникнення аварійних ситуацій досягають значень від  $1,689 \cdot 10^{-8}$  до  $3,38 \cdot 10^{-5}$  рік $^{-1}$ .

### Література

1. Алимов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск. Анализ и оценка: Учебное пособие для вузов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. - 118 с.
2. Добровольський В.В. Основи теорії екологічних систем: Навч. посібник. - К.: ВД «Професіонал», 2005. - 272 с.
3. Липовой В.А. Исследование состава и свойств остаточных загрязнений / Липовой В.А. // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Забезпечення пожежної та техногенної безпеки. - Х.: НУЦЗУ, 2014. - С. 42 - 44.
4. Липовой В.А. Решение задачи теплообмена при струйной очистке резервуаров от остатков нефтепродуктов / Липовой В.А. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Science. Vol. 8. 2013 - Budapest: С. 108 - 110.



УДК 582.542.11(581.143.3:632.118.3)(285)

## ШЛЯХИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ (ЛЕП) В ДЕЛЬТІ РІКИ ДНІСТЕР

Шевцова Л. В.<sup>1</sup>, Глуховський П. В.<sup>2</sup><sup>1</sup> Національний Університет «Києво-Могилянська Академія», вул. Сковороди 2, 04655, м. Київ, Україна, [shevtsova245@gmail.com](mailto:shevtsova245@gmail.com)<sup>2</sup> Національний Університет, 5245 Пасифик Конкорс Драйв, # 100, Лос Анжелос, СА 90045-6905, США, [pglukhovskiy@nu.edu](mailto:pglukhovskiy@nu.edu)

Будівництво енергетичних об'єктів потребує проведення екологічної експертизи, яка має гарантувати дотримання принципу компенсаційного природокористування, що передбачає застосування біотехнічних заходів, спрямованих на поліпшення екологічних умов відновлення, рекультивацию порушених геоконструкцій, розширення мережі охоронних об'єктів. Екологічна експертиза будівництва в дельтах річок, що мають значні території водно-болотних угідь (ВБУ), повинна враховувати, що їм належить важлива роль у формуванні природно-економічного потенціалу регіонів. У роботі висвітлено значення водно-болотних угідь в біосферних процесах, формуванні якості води та збереження біорізноманіття. Проаналізовані гідроекологічні проблеми, що можуть виникати за різних сценаріїв будівництва ЛЕП в дельті р. Дністер, визначено найбільш екологічно безпечний варіант, що дозволяє зменшити екологічні ризики для ландшафту, біоти та біологічного різноманіття водно-болотних угідь, що мають транскордонний статус. *Ключові слова:* екологічна експертиза, водно-болотні угіддя, екосистеми дельти Дністра, будівництво лінії електропередачі.

**Пути решения экологических проблем при строительстве высоковольтной линии электропередач (ЛЭП) в дельте реки Днестр.** Шевцова Л. В., Глуховский П. В. Строительство энергетических объектов требует проведения экологической экспертизы, которая должна гарантировать соблюдение принципа компенсационного природопользования, предусматривающего применение биотехнических мероприятий, направленных на улучшение экологических условий восстановления, рекультивацию нарушенных геоконструкций и расширение сети природоохраняемых объектов. Экологическая экспертиза строительства в дельтах рек с обширными территориями водно-болотных угодий (ВБУ), должна учитывать, что ВБУ принадлежит важная роль в формировании природно-экономического потенциала регионов. В работе освещена роль водно-болотных угодий в биосферных процессах, формировании качества воды и сохранении биоразнообразия. Проанализированы гидроэкологические проблемы, которые могут возникать при различных сценариях строительства ЛЭП в дельте р. Днестр и определен наиболее экологически безопасный вариант, позволяющий уменьшить экологические риски для ландшафта, биоты и биологического разнообразия водно-болотных угодий, имеющих трансграничный статус. *Ключевые слова:* экологическая экспертиза, водно-болотные угодья, экосистемы дельты Днестра, строительство линии электропередачи.

**Ways of solving environmental problems in the construction of high voltage power lines (PTL) in the delta of the Dniester River.** Shevtsova L. V., Glukhovskiy P. V. Construction of energy facilities requiring environmental impact assessment, which should ensure compliance

with the principle of the compensation of nature that would apply biotechnical measures aimed at improving the environmental conditions of the recovery, reclamation of disturbed geocomplexes and expanding the network of environmental facilities. Environmental impact assessment of the construction in the river deltas with extensive areas of wetlands, must take into account that wetlands play an important role in the formation of natural and economic potential of the regions. In this paper we highlight the role of wetlands in biosphere processes, the formation of water quality and biodiversity conservation. There are analyzed potential hydroecological problems in the River Dniester delta under high-voltage line construction' different scenarios and determine the most environmentally friendly option, which allows to reduce environmental risks for the landscape, biota and biodiversity of wetlands that are transboundary status are analyzed. *Keywords:* environmental assessment, wetlands, ecosystems Dniester Delta, construction of power lines.

### Вступ

Дельти річок мають різноманітні екосистеми, де водно-болотним угіддям належить важлива роль у формуванні природно-економічного потенціалу регіонів. Водно-болотні угіддя (ветланди) мають біосферне значення. Завдяки їх функціонуванню підтримується кисневий баланс, стабілізуються кліматичні умови на локальному та глобальному рівнях. Особливо це стосується кількості опадів і температурного режиму. Вони відіграють важливу роль в акумуляції води, її очищенні завдяки гідрологічним, хімічним процесам та сприяють поповненню ґрунтових водоносних шарів. Дослідження, що були проведені у США за програмою вивчення водних ресурсів штату Іллінойс, засвідчили, що збільшення площі водно-болотних угідь в басейні ріки на 1% зменшує пик паводку на 4% [1].

Завдяки водно-болотним угіддям підтримується біологічне та ландшафтне різноманіття. Тут зосереджені основні площі нересту риб та місця гніздування багатьох видів птахів. Через ветланди проходять міграційні шляхи тварин та птахів. Вони є складовою екологічних коридорів і відіграють важливу роль у формуванні екологічної мережі.

Територіальні ресурси водно-болотних угідь використовуються

для розміщення виробничих, сільськогосподарських, енергетичних, рекреаційних, природоохоронних об'єктів.

В Україні площа водно-болотних угідь складає 8%, основна частина яких зосереджена в дельтах річок Дунаю, Дністра, Дніпра.

Незважаючи на існуючі техногенні навантаження на водно-болотні угіддя триває подальше планування використання їх територій для господарських потреб. Зокрема, в дельті р. Дністер на території водно-болотних угідь «Дністровські плавні» планується будівництво високовольтної лінії електропередачі.

Метою роботи є висвітлення шляхів мінімізації гідроекологічних наслідків будівництва та експлуатації об'єктів енергетичного комплексу в дельті р. Дністер.

Екологічна експертиза подібних проектів повинна включати: оцінку сучасного стану екосистем зони впливу проекту, визначення їх функціонального значення, дослідження видового складу фауни та флори, їх чисельності та біомаси, біорізноманіття та біопродуктивності, а також прогноз впливу проекту на водні екосистеми та пропозицій щодо зниження негативного впливу.

**1. Гідроекологічна характеристика дельти р. Дністер.**

Басейн р. Дністер знаходиться в південно-західній частині України та східній частині Республіки Молдова. Загальна довжина ріки становить 1352 км; водозбірна площа – 72000 км<sup>2</sup>.

Водний режим Дністра визначають кліматичні та гідрологічні особливості регіону. Основними джерелами формування водного стоку ріки є паводкові та талі води. Ріка має розширену дельту і впадає в Дністровський лиман, що відокремлений від Чорного моря пересипом та сполучається з ним через вузький та глибокий пролив. Дельта Дністра характеризується унікальним природним ландшафтом, високим різноманіттям та біопродуктивністю. Водно-болотні угіддя дельти включають різні екосистеми – обводнені території, зарості вищої водної рослинності при домінування очерету, заплавні озера, протоки, канали, ерики, тощо.

Різноманіття водних екосистем обумовлює високе біорізноманіття дельти. Так, у складі фітопланктону налічується 650 видів водоростей, зоопланктону – 57, зообентосу – 116, вищих водних рослин 110, риби 50 [2, 3]. Тут є багато раритетних видів та тих, що охороняються законом.

Дельта Дністра є однією з високопродуктивних екосистем України та має важливе рибогосподарське значення. Окрім того водні ресурси низької ріки використовуються для питних, промислових, сільськогосподарських цілей, отримання електроенергії на гідро-, теплоелектростанціях [4].

Дністровський лиман посідає особливе місце серед низки лиманів півдня України. Він є найбільшим лиманом Придунайської рівнини. Його

довжина складає 42-43 км, завширшки 12 км, максимальна глибина - до 3 м. Лимани є природно-буферними зонами між морськими та прісноводними екосистемами. Водно-болотні угіддя північної частини Дністровського лиману, де планується будівництво ЛЕП, знаходяться під безпосереднім впливом прісних вод Дністра та є екотонною зоною між річкою і лиманом.

Режим рівнів води в плавнях визначають кількістю річкового стоку та об'єму водоспоживання в басейні ріки. Найбільш вагомим чинником антропогенного впливу, що визначає гідрологічний режим в дельті ріки, є режим роботи Дністровської гідроелектростанції, що регулює річковий стік та його динаміку у час [4, 5].

Висока урбанізація території, розвинута промисловість, сільське господарство та неналежна увага до питань охорони водних ресурсів є причиною забруднення ріки та її приток, що потрапляють у дельту. Це створює кризову екологічну ситуацію у дельті ріки. Водночас, на півдні України існують проблеми щодо транспортування електроенергії. В зв'язку з цим був розроблений проект будівництва та експлуатації лінії електропередач (ЛЕП) Новоодеська-Арциз, проходження якої планується по території водно-болотних угідь дельти ріки. Проект проходження ЛЕП 330 кВ Новоодеська-Арциз через водно-болотні угіддя і Дністровський лиман відноситься до тих проєктів, що можуть істотно вплинути на навколишнє середовище, а зона такого навантаження може поширитися на більшу територію ніж ділянка, де виконуються роботи.

## 2. Гідроекологічна оцінка варіантів будівництва ЛЕП.

Дельта Дністра, де передбачається будівництво ЛЕП, є транскордонною ділянкою, де водно-болотні угіддя, розташовані на території України та Республіки Молдови, складають єдиний природоохоронний комплекс водно-болотних угідь, що охороняється

Міжнародною Рамсарською конвенцією [6].

Будівництво лінії електропередач 330 кВ (ЛЕП) буде здійснюватиметься і на території водно-болотних угідь та заповідного урочища північної частини Дністровського лиману (рис.1).



Рис.1 Карта маршруту можливого проходження високовольтної лінії електропередач Ново Одеса – Арциз.

Проектна організація представила декілька варіантів і технологічних прийомів проходження траси ЛЕП території на водно-болотних угідь дельти Дністра.

Один з варіантів – «північний», передбачав проходження траси через водно-болотні угіддя та північною частиною Дністровського лиману.

Інший – «південний» – по середині Дністровського лиману.

У «північному» варіанті довжина траси складатиме 16,5 км, що пройде вздовж існуючої і частково заново побудованій автодорозі Одеса-Рені. На ній буде зведено десять анкернокутових опір і тридцять сім проміжних. Для цього планується будівниц-

тво 47 островів з відстанню один від одного приблизно 350 м. Вони будуть використані як будівельні майданчики. Тимчасово буде прокладено автодорогу, довжиною у 8 км, що пройде вздовж траси ЛЕП з під'їздом до островів, що будуть розташовані у відкритих зонах плавнів. Було запропоновано два варіанти проходження траси: повітряний чи кабельний. При повітряному площа островів під опори та під'їзди дороги складатиме 98,8 га. висота насипу доріг і площ становитиме близько 6 м над рівнем природного рельєфу. В наслідок будівництва частина плавневих масивів буде відокремлена під'їзними дорогами від основного лиману. При кабельному варіанті планується створення траси для будівельних механізмів та подальшому використанні цієї дороги як автостради Одеса-Рені.

Аналіз сучасного екологічного стану водно-болотних угідь північної частини Дністровського лиману та дельти Дністра можна охарактеризувати як критичний, атже швидкість антропогенного порушення екосистем на сучасному етапі перевищує їх відновлення. Господарське використання природних ресурсів пониззя Дністра призвело до того, що понад 20% його території повністю змінені, а близько 35% - зміненим значною мірою.

Критичний стан угідь дельти Дністра виник внаслідок меліоративних робіт, коли значні площі плавнів осушувалися та освоювалися під сільгоспугіддя. Так, в молдавській частині неподалік с. Паланки. практично не залишилося плавневих масивів внаслідок масштабного одамбування заплавної землі під сільгоспугіддя та рибоводні ставки.

На екологічний стан водно-болотних угідь північної частини лиману негативно вплинула реконструкція 14 кілометрів автотраси Одеса-Рені, що перетинає дельту Дністра від українського с. Маяки до молдавського с. Паланка. Дамба дороги прокладена вздовж русла р. Дністер, що спричиняє блокування надходження води із Дністра в лиманні плавні. Таке блокування особливо відчутне в маловодні періоди. При надходженні ж великих об'ємів води у пониззя Дністра відбувається перелив води через трасу, її підтоплення, в результаті руйнуються окремі ділянки дороги, припиняється сполучення між Одесою і Рені, що завдає значних економічних збитків. Існуючі три водопропускні споруди і один міст (замість 26 проток), що побудовано в «глухому» місці, не спроможні відновити природний водообмін ріка-плавні-лиман. До будівництва автотраси Маяки-Паланка, і рибоводних ставків на українській та молдавській територіях, плавні дельти р. Дністер були єдиною системою водообміну – р. Дністер - Дністровські плавні - Дністровський лиман. Внаслідок порушення водообміну зникло більше 30 тис. га водно-болотних угідь [2, 6]. Негативний вплив спричинило також і зарегулювання водного стоку р. Дністер греблями Дубосарського і Дністровського водосховищ (табл.).

Враховуючи сучасний екологічний стан водно-болотних угідь дельти ріки та північної частини Дністровського лиману були здійснені природоохоронні заходи.

Інститутом гідробіології у співпраці з фахівцями водного господарства розроблено і впроваджено тех-

нологічний регламент еколого-репродукційних попусків води з Дністровського водосховища, що сприяло поліпшенню екологічної ситуації в пониззі ріки. екологічний режим роботи Дністровського водосховища, що направлений на збереження вод-

них екосистем дельти Дністра їх біорізноманіття та відтворення біологічного потенціалу плавнів [3, 4]. Також були вжиті заходи щодо відновлення водообміну між плавнями, рікою і лиманом [6, 7,8].

Таблиця

Антропогенні чинники, що змінили гідроекологічний стан дельти р. Дністер

Причини	Наслідки
Будівництво руслових водосховищ, дамби автотраси Одеса-Рені	Порушення екологічної цілісності екосистеми пониззя ріки
Зарегулювання стоку води греблями Дубосарського та Дністровського водосховищ	Зміна гідрологічного режиму
Експлуатація Дністровського гідровузла	Фізичне забруднення річки – зміна природної температури води
Скид недостатньо очищених побутових, господарських та сільськогосподарських стоків	Хімічне та мікробіологічне забруднення
Зміна якісного та кількісного складу іхтіофауни, зникнення унікальних нерестовищ рідкісних видів риб,	Будівництво дамби внаслідок реконструкції дороги Одеса-Рені що призводить до зниження водного рівня у прилиманних плавнях
Зміна рослинного покриву	Господарське використання плавнів та заплавної землі
Зникнення плавневих масивів	Меліоративні роботи - одамбування заплавної землі під сільгоспугіддя та рибоводні ставки

### 3. Прогноз гідроекологічних змін при будівництві ЛЕП.

Проходження лінії електропередачі Новоодеська-Арциз в повітряному варіанті передбачає будівництво опор та під'їзних доріг на 98.83 га площ водно-болотних угідь, що призведе до їх відчуження та руйнації місць поселення гідро біонтів. Будівництво доріг, 47 островів-дамб, остаточно порушить водообмін між двома частинами плавнів. Як наслідок, ще більша частина плавнів буде відокремлена від ріки. За таких умов слід прогнозувати деградацію значних площ водно-болотних угідь, що

будуть значно перевищувати площу відчужену для будівництва.

Під час будівництва на великих площах (острови, під'їзні дороги) буде механічно порушено рослинний покрив, а також сплавини (переплетення живих та відмерлих кореневищ очерету), де законсервована величезна кількість біогенних речовин, важких металів та пестицидів. Так, дослідженнями встановлено, що найактивніше процес акумуляції органічного вуглецю, азоту, кальцію, калію, а також важких металів (заліза, марганцю, міді, цинку, миш'яку, хрому, ртуті, свинцю) та пестицидів відбу-

вається в умовах опріснених ділянок гирлових областей річок. Тому порушення рослинного покриву та руйнування сплавин буде мати вкрай негативний вплив на якість води внаслідок потрапляння величезної кількості органічних та токсичних речовин, рослинності, болотних ґрунтів та інш. [8, 9]. Ймовірно їх потрапляння в Дністр, що значно погіршить якість води в районі водозабору Дністровської водопровідної станції, що забезпечує м. Одесу питною водою.

Будівництво ЛЕП у кабельному варіанті передбачає застосування сучасної технології безтраншейного проходження методом горизонтального направлено буріння. Запровадження цієї технології здійснюється спецмашинами та механізмами з використанням спеціальних майданчиків, що відводяться під тимчасові споруди. Технологія має низку переваг у виробничо-технічному, фінансо-економічному та соціально-екологічному аспектах у порівнянні з повітряним проходженням траси. Отже, варіант безтраншейної прокладки із застосуванням методу глибинного проходження може мати менший негативний вплив на гідроекосистеми.

Проходження лінії електропередачі Новоодеська-Арциз в «південному» варіанті передбачає проходження повітряної траси по середині Дністровського лиману. При цьому, планується зберегти водообмін між частинами лиману, що є необхідною умовою існування лиману єдиною екосистемою. Ця ділянка лиману є перехідною зоною між прісноводною північною частиною та солонуватою на півдні. В процесі будівництва відбудеться порушення структури дон-

них відкладів, що призведе до значного підвищення каламутності води та надходження у воду органічних речовин, солей токсикантів, що акумульовані у відкладах. Це негативно вплине на гідрохімічні, гідробіологічні показники, порушить процеси самоочищення та призведе до стійкого забруднення водних мас.

Водно-болотні угіддя є резерватом існування рідкісних та раритетних видів рослин і тварин [6]. Проведення будівельних робіт призведе до втрати нерестових площ для риб і погіршення їх кормової бази. Дністровські плавні також є територією важливою для існування птахів. Будівництво доріг, гребель, ліній електропередач у заплавах – найзгубніший чинник для існування птахів [8]. Негативний вплив буде мати як відчуження території, що є місцем їх мешкання, так і залякування птахів під час будівництва. Фактор неспокою найбільш згубно діє: в період розмноження. Під час експлуатації ЛЕП птахи можуть гинути від зіткнення з лініями електропередач.

Крім вищенаведених негативних впливів будівництва ЛЕП на водні екосистеми та їх біоту, обов'язково слід враховувати, що будівництво ПЛ 330 кВ здійснюється на території водно-болотних угідь і заповідного урочища «Дністровські плавні». Крім того, водно-болотні угіддя північної частини Дністровського лиману є транскордонними. Водно-болотні угіддя транскордонної ділянки дельти ріки є неподільними і тому всі будівельні роботи потребують узгодження дій між Україною і Р. Молдова. Для багатьох тварин (риби, птахи, ссавці) транскордонне поширення є способом життя. Тому спів-

робітництво має бути спрямовувати на забезпечення цілісності і єдності екосистем водно-болотних угідь в їх територіальній, видовій, функціональній діяльності.

Прийняття рішення щодо будівництва має базуватися на пріоритетному значенні еколого-економічних позицій. Визначення економічної цінності природних ресурсів на сучасному етапі не має достатньо ефективних методів оцінки. Це повною мірою стосується водно-болотних угідь. Власне, економічна недооцінка значення водно-болотних угідь пов'язана з їх складною функцією і складністю призводить у майбутньому до значних соціальних економічних збитків. У багатьох випадках економічне зростання відбувається на тлі екологічної деградації.

Так наприклад, в роботі «Огляд політики відновлення водно-болотних угідь в прибережній зоні штату Луїзіана» при застосуванні затратно-вдновлювального підходу вказано, що питомі затрати на створення штучних ветландів становить 310 тис. доларів США на гектар, а з врахуванням інтродукційних і інших біотехнічних робіт – до 500 [10].

Внаслідок обговорення проекту будівництва ЛЕП Новоодеська-Арциз було прийнято рішення щодо застосування сучасної технології, що завдає меншої шкоди довкіллю. З двох запропонованих технологій будівництва була обрана найменш шкідлива для довкілля. Це будівництво ЛЕП у кабельному варіанті, що передбачає застосування технології безтраншейного проходження методом горизонтального направлено буріння. Використання цієї технології здійснюється спеціальними маши-

нами та механізмами не спеціальних майданчиків, що відводяться під тимчасові споруди.

### Висновки

Будівництво енергетичних об'єктів потребує проведення екологічної експертизи. Екологічна експертиза будівництва високовольтної лінії передач показала що усі запропоновані варіанти будуть мати негативний вплив на водно-болотні угіддя дельти р. Дністер. При виконанні будівельних робіт слід прогнозувати деградацію значних площ водно-болотних угідь, які будуть значно перевищувати відведені під будівництво території. Під час будівництва відбудеться порушення рослинного покриву та грантів, внаслідок чого відбудеться потрапляння великої кількості органічних і токсичних речовин, що значно погіршить якість води. Будуть втрачені нерестові площі та погіршена кормова база риб, що призведе до зменшення рибопродуктивності даного регіону.

Будівництво ЛЕП на територіях водно-болотних угідь негативним чином відіб'ється на умовах існування птахів.

Аналіз запропонованих варіантів будівництва ЛЕП дозволив вибрати найменш шкідливий для екосистеми водно-болотних угідь – це будівництво за «північним» кабельним варіантом безтраншейного проходження методом горизонтального направлено буріння.

В сучасних умовах особливого значення набуває дотримання принципу компенсаційного природокористування, що передбачає застосування біотехнічних заходів, спрямова-

них на поліпшення екологічних умов відновлення, рекультивацію порушених геоконструкцій, розширення мережі охоронних об'єктів.

Згідно з ДБН А.2.2.-1.-95 „Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування" в разі прогнозування неусувних втрат від проєктованої діяльності, передбачаються компенсаційні заходи щодо рівноцінного поліпшення стану природно-

го середовища або грошове відшкодування таких втрат. Проте під час розв'язання проблем, пов'язаних із збереженням і раціональним використанням рослинного і тваринного світу, не можна керуватися лише з позицій економічної вигоди. В даному випадку вирішальним чинником мають виступати позаекономічні міркування, зокрема, необхідність збереження унікальних природно-ландшафтних комплексів Дністра з розвиненою флорою і фауною.

### Література

1. Status of national wetland policy development in Ramsar nations Proc. 6th meeting of the conference of the contracting parties. Convention on wetlands. – Brisbane, Australia, 1996. – Vol.10/12A. – 70 p.
2. Гидробиологический режим Днестра и его водоемов / Л.А. Сиренко, Н.Ю. Евтушенко, Ф.Я. Комаровский и др.; Отв. ред. Л.П. Брагинский; АН Украины. Ин-т гидробиологии. - К.: Наук. думка, 1992. - 356 с.
3. Шевцова Л.В., Алієв К.А. Рекомендації щодо екологічного режиму роботи Дністровського водосховища. - Київ, 1997. - 34 с
4. Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья: географические основы хозяйственного освоения / Под ред. Т.И. Швевса - Л.: Наука. - 1988. – 304 с.
5. Руководство по Рамсарской конвенции: Справочник по осуществлению Конвенции о водно-болотных угодьях (Рамсар, Иран, 1971 г.), 4-ое издание. Гланд, Швейцария: Секретариат Рамсарской конвенции, 2006 г. – 150 с.
6. Гулейкова Л., Шевцова Л. Гідроекологічна характеристика екосистем дельти Дністра в зоні впливу лінії електропередачі Новоодеська-Арциз. – Матеріали Міжнародної конференції "Міжнародна співпраця і управління транскордонним басейном для оздоровлення річки Дністер" – Одеса, 2009. - С. 56-60.
7. Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystem and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.maweb.org/documents/document.791.aspx.pdf>
8. Horwitz, P., Finlayson, M. and Weinstein, P. Healthy wetlands, healthy people. A review of wetlands and human health interactions. Ramsar Technical Report no. Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands and the World Health Organization. Gland Switzerland. – 2012. - . [електронний ресурс]. – Режим доступу: - <http://www.ramsar.org/pdf/lib/rtr6-health.pdf>.
9. OECD Environmental Outlook Baseline. [електронний ресурс]. – Режим доступу: - [http://www.teebtest.org/wp-content/uploads/2012/07/TEEB\\_Conf\\_Keynote\\_Upton\\_OECD\\_environmental\\_outlook\\_2050.pdf](http://www.teebtest.org/wp-content/uploads/2012/07/TEEB_Conf_Keynote_Upton_OECD_environmental_outlook_2050.pdf).
10. Wetlands / General editors M.M. Finlayson, M. Moser. – Oxford, New York. – 1991. – 215 p.

УДК 678 : 622.847.

## ШАХТНЫЕ ВОДЫ И МОДЕЛЬНЫЙ РАСТВОР ШАХТНЫХ ВОД

Мнухина Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Запорожская государственная инженерная академия,  
пр. Ленина 226, 69006, Запорожье,  
[anatoly.mnukhin@gmail.com](mailto:anatoly.mnukhin@gmail.com)

На основі оброблених даних шахтних вод за хімічним складом розроблений модельний розчин, що імітує шахтну воду за хімічним складом та електричними властивостями, який може бути рекомендований для проведення випробувань і оцінки агресивного впливу шахтних вод на безпеку та працездатність електротехнічного гірничошахтного обладнання. Ключові слова: шахтні води, модельний розчин шахтних вод, джерела затоплення шахт.

**Шахтные воды и модельный раствор шахтных вод. Мнухина Н.А.** На основании обработанных данных по химическому составу шахтных вод разработан модельный раствор, имитирующий шахтную воду по химическому составу и электрическим свойствам, который может быть рекомендован для проведения испытаний и оценку агрессивного влияния шахтных вод на безопасность и работоспособность электротехнического горношахтного оборудования. *Ключевые слова:* шахтные воды, модельный раствор шахтных вод, источники затопления шахт.

**Mine water and mine water model solution. Mnukhina N.** Work on the basis of statistical processing of data on the chemical composition of mine water solution developed model simulates the shaft water chemical composition and electrical properties, which can be recommended for the test to assess the effect of aggressive mine water on security and operation of electrical mining equipment. *Keywords:* mine water, mine water model solution, sources of flooding of mines.

### Введение

Притоки воды в шахты изменяются в широких пределах — от 10 до 4 000 м<sup>3</sup>/ч. Однако большая часть шахт имеет притоки от 200 до 500 м<sup>3</sup>/ч. Водопритоки в шахты (разрезы) формируются во время ведения работ:

- строительства (вскрытия и подготовки шахтного поля);
- эксплуатации (разработки) месторождения;
- закрытия или консервации (отработки) месторождения.

Источниками поступления воды в шахты являются обводненные

зоны и затопленные выработки, удаленные не более чем на 200 м., а также:

- расположенные в пластах, которые залегают над и под действующими выработками;
- пройденные по естественным и искусственным нарушениям, пересекающие затопленные выработки.

**Изложение основного материала.** Источниками затопления выработок могут быть наземные водоемы и водостоки, незатампонированные геологоразведочные и технические скважины. Существенные предпосылки к затоплению выработок воз-

никают при разработке водоносных и обводненных месторождений, характеризующихся наличием пльвунов, водоносных карстов, галечников и других обводненных зон. При определенном рельефе земной поверхности и строении массива горных пород источником затопления выработок могут быть атмосферные осадки. Кроме того, одним из источников затопления выработок являются прорывы глины и пульпы, используемые в шахтах в качестве заилочных материалов [1].

При прорывах воды в шахты и затоплении горных выработок возникает угроза для людей, работающих в

шахте. Затопление выработок, особенно подстанций, распределительных пунктов, оборудования, в том числе выносных пультов систем управления горными машинами, приводит не только к порче оборудования, но и к возникновению коротких замыканий, в электрооборудовании замыканий на землю через жидкую среду и увлажненную изоляцию, несанкционированного включения машин и механизмов. Затопление подземных складов взрывчатых материалов также сопряжено с безвозвратной их порчей и непригодностью к дальнейшему использованию.

Таблица 1.

## Химический состав шахтных вод (основные составляющие)

№ пробы	Общая Минерализация, мг/л	рН	Содержание мг/л							
			Катионы					Анионы		
			Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup> , Fe <sup>+++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100000	7	31400	44	5311	1083	0,7	62734	30	72
2	86000	8	24400	42	5013	1160	4	50082	36	102
3	66000	7	19750	66	3569	1057	10	41004	30	60
4	52000	8	13560	92	4641	1070	5	32800	8	36
5	42228	8	12580	16	1783	1126	2	25935	25	148
6	40284	8	12696	62	406	840	4	14773	10276	732
7	29000	8	9300	28	1827	412	6	18666	250	186
8	25528	8	8700	84	232	329	3	5655	9190	738
9	18648	8	4327	52	256	781	3	2446	8760	630
10	12292	8	4380	10	114	85	13	6461	243	1088
11	500	8	50	5	62	28	0,1	37	153	204
12	9000	3	1070	2	437	477	458	235	6666	-
13	8384	3	427	1	699	824	123	655	5247	-
14	4312	4	100	4	601	365	48	200	2813	42
15	4368	4	748	3	294	216	0,3	101	2999	6
16	4060	4	442	6	392	293	36	231	2513	48
17	3500	6	484	7	262	249	6	507	1967	24
18	4500	10	1500	20	18	11	1	1857	637	18
19	3996	9	1280	9	15	61	0,3	600	1449	701
20	1500	11	510	9	26	-	0,7	414	318	-

Физико-химический состав шахтной воды весьма разнообразен. Он формируется под влиянием естественных процессов, происходящих в

массивах горных пород, горнах выработках, водоносных горизонтах.

Данные результатов химического анализа выборки 1500 проб шахтных вод из 215 шахт (табл.1) засвидетельствуют, что основными составляющими шахтных вод являются девять ионов :Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>,Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Fe<sup>++</sup>,Fe<sup>+++</sup>, Cl<sup>-</sup>,SO<sub>4</sub><sup>-</sup>,HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Сумма этих ионов составляет до 90% от величины общей минерализации. Химический состав по основным компонентам выборки 20 проб шахтных вод, взятых в различных выработках и стволах, представлены в табл. 1. Определяющими характеристиками вод принято считать следующие величины: общая минерализация и показатель рН (концентрация ионов Н<sup>+</sup> иОН<sup>-</sup>).

В результате систематизации шахтных вод по величине общей минерализации выборки 1500 проб из 215 шахт определено их процентное соотношение (табл.2). При этом установлено, что значительный процент составляют шахтные воды с минерализацией 1000-5000 мг/л (83%). Шахтные воды с минерализацией большей или меньшей величины встречаются значительно реже.

Таблица 2.

## Характеристика шахтных вод по величине общей минерализации

Величина общей минерализации, С, мг/л	Содержание от общего количества проб, %
до 1000	8
1000-2000	27
2000-5000	56
5000-8000	5
5000-100000	4

Наиболее представительна группа шахтных вод с минерализацией от 2000 до 5000 мг/л, что составляет

56%. Интервал изменения величины общей минерализации шахтных вод находится в промежутке от 500 мг/л до 100000 мг/л. Максимальное значение общей минерализации шахтных вод в 200 раз превышает минимальное. Такой широкий диапазон изменения минерализации шахтных вод обусловлен различными причинами: отличающиеся друг от друга физические свойства горных пород, в частности, их водопроницаемость, гидрогеологические условия месторождения, сезонность осадков и т. д. Шахтные воды с высоким содержанием обнаружены на шахтах: «Капустина» и «Кременная» ПО «Лисичанскуголь», «Пролетарская» ПО «Стахановуголь», им. Артема ПО «Дзержинскуголь» и др.

Распределение шахтных вод по концентрации ионов Н<sup>+</sup> иОН<sup>-</sup> (показателю рН) приведены в табл. 3. При систематизации шахтных вод по концентрации водородных ионов, согласно принятой в угольной промышленности классификации, к кислым отнесены шахтные воды с рН < 6,5, к нейтральным – рН=6,5÷9, а к щелочным - рН>9. Шахтные воды преимущественно нейтральные. Процент кислых и щелочных вод незначителен. Известны случаи обнаружения шахтных вод с кислой средой на шахтах производственных объединений «Селидовуголь», «Торезантрацит», «Стахановуголь» и др., а с щелочной – на шахтах производственных объединений «Первомайскуголь», «Дзержинскуголь» и др.

Для оценки воздействия агрессивной шахтной воды на различные электротехнические устройства, эксплуатируемые в угольных шахтах, согласно ГОСТ 16962-71 или ГОСТ

20.57.406-81 проводятся климатические испытания с применением питьевой воды. Электрохимические свойства питьевой воды на 2-3 порядка ниже шахтной воды и поэтому они не дают достоверной оценки [2]. Использование для испытаний пробы воды непосредственно из шахты связано с трудностями доставки, хранения. Кроме того, разнообразие шахтных вод по величине общей минерализации, непостоянство их характеристик усложняют применение шахтных вод для проведения испытаний.

Таблица 3.

#### Характеристика шахтных вод по показателю водородных ионов

Величина показателя рН	Содержание от общего количества проб, %
< 6,5	2,3
6,5 - 9	97,4
>9	0,3

Проведенные исследования позволяют составить искусственный раствор, имитирующий шахтную воду – модельный раствор [3]. Приготовление модельного раствора производится следующим образом: в дистиллированную воду последовательно вводят хлористые натрий и калий, а также сернокислый магний, отдельно растворяют в дистиллированной воде хлористый кальций, после чего оба раствора смешивают. Соотношение компонентов представлено в табл. 4.

Последовательность растворения указанных солей объясняется тем, что растворимость малорастворимых солей (например,  $MgSO_4$ ) увеличивается в присутствии других растворимых солей, например,  $NaCl$  и  $KCl$ . Происходит увеличение ионной силы

раствора. Вследствие этого коэффициент активности понижается, а растворимость сернокислого кальция в смеси солей возрастает по сравнению с его растворимостью в чистой воде. Указанный модельный раствор используют свежеприготовленным. Таким образом получают раствор с нейтральной реакцией и максимальной минерализацией. Модель шахтной воды с любой минерализацией можно получить путем разбавления приведенного выше раствора дистиллированной водой. Для получения модельного раствора с кислой или щелочной средой необходимо добавить в раствор соляную кислоту или гидроксид натрия, контролируя величину показателя рН.

Таблица 4.

#### Весовое содержание солей для приготовления модельного раствора

Наименование солей	Соотношение, %
Хлористый натрий- $NaCl$	51,90
Хлористый калий - $KCl$	13,16
Сернокислый магний – $MgSO_4$	29,72
Хлористый кальций – $CaCl_2$	5,22

Химический состав модельного раствора с нейтральной реакцией и максимальной минерализацией приведен в таблице 5.

Соответствие модельного раствора шахтным водам оценено исследованием электрических свойств. Уравнения регрессии удельной электропроводности для нейтральной среды шахтных вод и модельных растворов имеют вид:

$$\alpha_1 = 0,0001284C_1 + 0,367822 \quad (1)$$

$$\alpha_2 = 0,0001333C_2 + 0,285823 \quad (2)$$

где :

$\alpha_1$  - удельная электропроводность шахтных вод, См/м,

$\alpha_2$  - удельная электропроводность модельных растворов, См/м,

$C_1$  – значения общей минерализации шахтных вод, мг/л,

$C_2$  – значения общей минерализации модельных растворов, мг/л.

Таблица 5.

#### Состав модельного раствора

Общее содержание, %	Соотношение ионов, %					
	$Na^+$	$K^+$	$Mg^{++}$	$Ca^{++}$	$Cl^-$	$SO_4^{--}$
100	20,4	6,9	6	1,9	41,08	23,7

Адекватность модельного раствора и шахтной воды оценена методами регрессионного анализа путем проверки гипотез об остаточных дисперсиях и значениях коэффициентов и констант уравнения посредством  $t$ -критерия при уровне значимости 0,01 [4]:

а) проверка гипотезы об остаточных дисперсиях:

$$H_0^{(1)}: \sigma_1^2 = \sigma_2^2, \quad (3)$$

где  $\sigma_1^2, \sigma_2^2$  - дисперсии генеральных совокупностей.

Гипотезу (3) проверяем по  $F$ -критерию. Значение  $F$ -критерия на основании остаточных выборочных дисперсий:

$$\hat{F} = \frac{\bar{s}_1^2}{\bar{s}_2^2} = 1,65, \quad (4)$$

Величина  $\hat{F}$  представляет собой реализацию выборочной функции, удовлетворяющей  $F$ -распределению Фишера со степенями свободы, равным

$m_1 = n_1 - 2 = 27$  и  $m_2 = n_2 - 2 = 30$ . Уровень значимости принят  $\alpha = 0,01$ . Для  $m(27,30)$  и  $\alpha = 0,01$  границы критической области для гипотезы  $H_0^{(1)}$  (табл. VII [4]):

$$F'_{0,01,27,30} = 2,38, \quad (5)$$

Значения  $F$  – критерия на основании остаточных выборочных дисперсий (4) не выходят за границу критической области для гипотезы  $H_0^{(1)}$  (5):

$$\hat{F} < F'_{0,01,27,30}, \quad (6)$$

поэтому гипотеза  $H_0^{(1)}$  может быть принята, а различие остаточных выборочных дисперсий  $\bar{s}_1^2$  и  $\bar{s}_2^2$  - случайно;

б) проверка гипотезы о значениях коэффициентов регрессии:

$$H_0^{(2)}: A^{(1)} = A^{(2)}, \quad (7)$$

где  $A^{(1)}, A^{(2)}$  – коэффициенты уравнений регрессии.

Значение  $t$  – критерия, вычисленного по формуле, приведенной в [4]:

$$\hat{t} = -1,66, \quad (8)$$

Данное значение  $\hat{t}$  является реализацией распределенной по закону Стьюдента выборочной функции со степенями свободы:  $n_1 - 4 = 57$ . Уровень значимости принят  $\alpha = 0,01$ . Границы критической области для гипотезы  $H_0^{(2)}$  составляют (табл. VI [4]):

$$t_{0,01,57} = 2,66, \quad (9)$$

Выполнения условия  $|\hat{t}| < t_{0,01,57}$  свидетельствует о верности гипотезы  $H_0^{(2)}$ . Следовательно, коэффициенты уравнений регрессии случайно отличаются друг от друга, а линии регрессии близки к параллельным;

в) проверка гипотезы о значениях констант:

$$H_0^{(3)}: B^{(1)} = B^{(2)}, \quad (10)$$

где  $B^{(1)}, B^{(2)}$  – константы уравнений регрессии.

Гипотеза проверяется по значению  $\hat{t}_a$ , рассчитанного по значениям выборки по формуле, приведенной в [4]:

$$\hat{t}_a = -0,092 \cdot 10^{-4}, \quad (11)$$

Выборочная функция  $\hat{t}_a$  имеет  $t$  – распределение со степенями свободы  $m = n_1 + n_2 = 57$ . Для уровня значимости  $\alpha = 0,01$  значение границы критической области для гипотезы  $H_0^{(3)}$  (табл. VI [4]), определено ранее и составляет:  $t_{0,01,57} = 2,66$ .

Условие  $|\hat{t}| < t_{0,01,57}$  выполняется, что подтверждает верность принятой

### Литература

1. Костенко В.К., Мнухин А.Г., Омельченко Н.П., Матлак Е.С., Завьялова Е.Л., Колесникова В.В. Обращение с шахтными водами. Учебное пособие. (укр. яз.)-ГВУЗ «ДонНТУ», 2013.-212с.
2. Колосюк В.А., Муфель Л.А., Баркалова Н.А. Эксплуатационные характеристики шахтных вод Донбасса.-М.: ЦНИЭИуголь, 1990.-20с.
3. А.С.№1538102 Испытательная среда/ В.С. Теремило, Н. А. Баркалова, Н. Ф. Клубкова, Л.А. Муфель, Л. А. Егорова. – Оpubл. в Б.И., 1990, №3.
4. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества.-М.:Мир.,1970.-268с.

гипотезы о значениях констант уравнений регрессии (1) и (2), различие которых является случайной величиной.

Результаты анализа показали, что уравнения регрессии удельной электропроводности для шахтной воды и модельного раствора отличаются существенно, вид зависимостей  $\sigma = f(C)$  в обеих генеральных совокупностях можно считать одинаковыми, принадлежащими к единой совокупности, а созданный модельный раствор адекватен шахтной воде по химическому составу и электрическим свойствам.

Модельный раствор шахтной воды может быть рекомендован для проведения испытаний с целью повышения достоверности оценки воздействия шахтной воды на работоспособность электротехнических устройств и оборудования, эксплуатируемых в шахте, и обеспечения безопасности работ, а также в других случаях, когда возникает необходимость оценки агрессивного влияния шахтных вод.

## СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

УДК 551.351:528

### КЛАСИФІКАЦІЯ, МЕХАНІЗМ ТА ДИНАМІКА ЕКЗОГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Бондар М. О.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

Розглянуті процеси, що впливають на формування рельєфу твердої оболонки Землі під впливом таких явищ як вивітрювання, денудація (знос) і акумуляція (нагромадження). Зазначено, що від співвідношення ендегенних і екзогенних факторів залежить ступінь вирівнювання. На поверхні суші, у епіконтинентальних морях, озерах, ріках виділяються дві основні обстановки розвитку екзогенних процесів: субаеральна (наземна) і субаквальна (підводна). У межах суші розрізняються платформна й орогенна обстановки, що характеризуються різним розвитком екзогенних процесів і корелятивних їм відкладень. *Ключові слова:* екзогеодинамічні процеси, рельєф, механізми екзогеодинамічних процесів.

Рассмотрены процессы, влияющие на формирование рельефа твердой оболочки Земли под влиянием таких явлений как выветривания, денудации (износ) и аккумуляция (накопление). Указано, что от соотношения эндогенных и экзогенных факторов зависит степень выравнивания. На поверхности суши, в эпиконтинентальных морях, озерах, реках выделяются два основных сценария развития экзогенных процессов: субаэральная (наземная) и субаквальная (подводная). В пределах суши различаются платформенная и орогенная обстановки, характеризующихся различным развитием экзогенных процессов и коррелятивных им отложений. *Ключевые слова:* экзогеодинамичні процеси, рельєф, механізми екзогеодинамічних процесів.

The processes that influence the formation of solid relief of the Earth under the influence of such phenomena as weathering, denudation (depreciation) and accumulation (accumulation). Indicated that the ratio of endogenous and exogenous factors on the degree of alignment. On the surface land, epicontinental seas, lakes, rivers are the two main conditions of exogenous processes: subaerial (onshore) and subaqueous (underwater). Within the different land platform and orogenic environment, characterized by different development of exogenous processes and their correlative deposits. *Keywords:* ekzoheodynamichni processes relief mechanisms ekzoheodynamichnyh processes.

### Вступ

Сьогодні геоморфологічна діяльність людини втілена в таких масштабах, що майже всі і (майже повсю-

ди на Землі) сучасні рельєфотвірні процеси, особливо екзогенні, так чи інакше пов'язані з діяльністю людини. Якщо, приміром, в 60-ті роки зазначалося, що людина – найефектив-



ніший зовнішній геоморфологічний чинник в економічно розвинених країнах, то нині стало очевидним, що зміни поверхні літосфери, пов'язані з діяльністю людини перетворюється на глобальну проблему.

### Сучасні процеси формування поверхні літосфери землі

Процеси, що впливають на формування твердої оболонки Землі, за своїм станом щодо її поверхні поділяються на ендегенні й екзогенні. Для рельєфоутворення найважливіше значення мають механічні рухи літосфери, магматизм і метаморфізм.

Один з найвагоміших результатів - формування первинних нерівностей твердої поверхні Землі - тектонічно обумовлених підняттях і западин. Екзогенні процеси поділяються на 3 групи: вивітрювання, денудація (знос) і акумуляція (нагромадження). Денудація й акумуляція за ефектом впливу на рельєф є такими, що його нівелюють.

Вплив сили ваги і сили обертання впливають на низку екзогенних факторів. Клімат Землі визначає генетичні типи екзогенних процесів і, певною мірою, інтенсивність їхнього впливу на земну поверхню. Латеральні зміни клімату визначаються положенням Землі щодо Сонця й утворюють планетарну кліматичну зональність.

Зміни клімату з висотою утворюють орокліматичну зональність, що обумовлена ростом тектонічних підняттях і зміною температури атмосфери з висотою. Велике рельєфоутворююче значення мають зміни клімату в часі.

На процеси рельєфоутворення впливають також і екзогенні фактори. Екзогенні фактори обумовлені вивітрюванням, денудацією й акумуляцією.

Вони генетично і причинно пов'язані з ендегенними факторами, приповерхневим гравітаційним полем Землі, її кліматом, а також впливом на неї Сонця і Місяця. Форми рельєфу, в утворенні яких головна роль належить екзогенним процесам, називаються морфоскульптурами. Вивітрювання - сполучення процесів руйнування гірських порід, що складають земну поверхню під впливом зовнішніх оболонок і Сонця. Вони формують матеріал для подальшої денудації й акумуляції.

Джерела енергії для процесів вивітрювання - енергія Сонця і фізико-хімічний вплив атмосфери і гідросфери. Клімат визначає вибіркового розвитку основних генетичних типів вивітрювання і впливає на швидкість їхнього плину. Денудація за загальним характером впливу - процес зниження земної поверхні. Поділяється на загальну, чи площинну, і лінійну, що розвивається вибірково. Акумуляція - процес підвищення земної поверхні. Може бути регіональним і локальним.

Генетичні типи денудації й акумуляції залежать від фізико-географічної обстановки; виникнення процесів, їх швидкість і тривалість цілком відповідають джерелам енергії. Денудація й акумуляція протікають тільки за наявності нерівностей земної поверхні і припиняються за умови їхнього знищення. У геоморфологічному аспекті ендегенні фактори породжують нерівності земної

поверхні, екзогенні фактори - нівелюють їх.

### Виклад основного матеріалу

Ступінь вирівнювання рельєфу залежить від співвідношення ендегенних і екзогенних факторів. На поверхні суші, у епіконтинентальних морях, озерах, ріках виділяються дві основні складові розвитку екзогенних процесів: субаеральна (наземна) і субаквальна (підводна). У межах суші розрізняються платформна й орогенна обстановки, що характеризуються різним розвитком екзогенних процесів і корелятивних їм відкладень.

У платформних областях на великих площах з одноманітними орографічними і кліматичними умовами кожний з генетичних типів екзогенних процесів одержав самостійний і найповніший розвиток. Для орогенних областей зі складним контрастним рельєфом в умовах орокліматичної зональності характерний парагенез генетичних типів і їх мінливість у просторі.

Особливості будівлі структури визначають розмаїтість рельєфу при динамічних факторах, що не змінюються. Стійкість порід і потужність товщ. Стійкі осадові породи, відпрепаровані процесами селективної денудації, утворюють поверхні, що бронюють. Вони створюють форми, тожні тектонічним чи деформаціям їх окремим елементам. Гірські спорудження із широким виходом на поверхню порід із порівняно рівною і значною стійкістю утворюють круті монотонні схили.

При чергуванні шарів порід різної стійкості значної і рівноцінної поту-

жності препаруються поверхні, що бронюють. За переваги товщ хитлих порід формується аструктурний нейтральний рельєф округлих пагорбів, гряд і міжгрядових долин, кут падіння в місцях поширення осадових порід визначає утворення денудаційних форм, що виникають при виборчому препаруванні по-різному нахилених шарів, що бронюють:

плато - кут нахилу шару, що бронює - 0 - 2про;

куести - кут нахилу - до 10 - 12про;

гряди (моноклінальні гребені) - кут нахилу понад 12 про;

увігнуті плато і зводи утворюються, якщо в ядрі складки - стійкі породи. Кутова невідповідність в умовах здійснення і селективної денудації часто представляє границю між типами рельєфу різного морфологічних. Морфологія мертвих складок. Морфологія замка і його співвідношення з крилами.

Основними формами рельєфу, які утворюються в процесі денудації мертвих складок, є їхні броньовані елементи: зводи - чи височини їхньої частини - слабо увігнуті чи опуклі плато, і крила - системи броньованих гряд, розділених міжгрядовими зниженнями. Нахил осової поверхні. Залежно від її нахилу складчасті деформації можуть утворювати в рельєфі симетричні й асиметричні форми.

Морфологія мертвих розривів. Височини маркують розрив не у відповідності зі знаком древніх рухів, а в залежності від стійкості порід, що складають крила розриву.

Для рельєфоутворення найважливіше значення мають механічні рухи літосфери, магматизм і метаморфізм. Один з найвагоміших результатів -

формування первинних нерівностей твердої поверхні Землі - тектонічно обумовлених підняттях і западин. Екзогенні процеси поділяються на 3 групи: вивітрювання, денудація (знос) і акумуляція (нагромадження). Денудація й акумуляція за ефектом впливу на рельєф є такими, що його нівелюють.

Вплив сили ваги і сили обертання впливають на низку екзогенних факторів. Клімат Землі визначає генетичні типи екзогенних процесів і, певною мірою, інтенсивність їхнього впливу на земну поверхню. Латеральні зміни клімату визначаються положенням Землі щодо Сонця й утворюють планетарну кліматичну зональність.

Зміни клімату з висотою утворюють орокліматичну зональність, що обумовлена ростом тектонічних підняттях і зміною температури атмосфери з висотою. Велике рельєфоутворююче значення мають зміни клімату в часі.

Екзогенні фактори – це процеси рельєфоутворення, обумовлені вивітрюванням, денудацією й акумуляцією.

Вони генетично і причинно пов'язані з ендегенними факторами, приповерхневим гравітаційним полем Землі, її кліматом, а також впливом на неї Сонця і Місяця. Форми рельєфу, в утворенні яких головна роль належить екзогенним процесам, називаються морфоскульптурами. Вивітрювання - сполучення процесів руйнування гірських порід, що складають земну поверхню під впливом зовнішніх оболонок і Сонця. Вони формують матеріал для подальшої денудації й акумуляції.

Джерела енергії для процесів вивітрювання - енергія Сонця і фізико-хімічний вплив атмосфери і гідросфери. Клімат визначає виборчий розвиток основних генетичних типів вивітрювання і впливає на швидкість їхнього плину. Денудація за загальним характером впливу, - процес зниження земної поверхні. Поділяється на загальну, чи площинну, і лінійну, що розвивається вибірково. Акумуляція - процес підвищення земної поверхні. Може бути регіональним і локальним.

Генетичні типи денудації й акумуляції залежать від фізико-географічної обстановки; виникнення процесів, їх швидкість і тривалість цілком відповідають джерелам енергії. Денудація й акумуляція протікають тільки за наявності нерівностей земної поверхні і припиняються за умови їхнього знищення. У геоморфологічному аспекті ендегенні фактори породжують нерівності земної поверхні, екзогенні фактори - нівелюють їх.

### Висновки

Від співвідношення ендегенних і екзогенних факторів залежить ступінь вирівнювання. На поверхні суші, у епіконтинентальних морях, озерах, ріках виділяються дві основні обстановки розвитку екзогенних процесів: субаеральна (наземна) і субаквальна (підводна). У межах суші – платформна й орогенна обстановки, що характеризуються різним розвитком екзогенних процесів і корелятивних їм відкладень.

За генетичною ознакою схили поділяються на ендегенні і екзогенні. Ендегенні схили - похилі поверхні,

безпосередньо пов'язані з морфологічним становленням силових форм різних порядків. Основні параметри (крутість, висота, простягання й ін.) залежать від типу деформацій і їхнього новітнього розвитку. Ендегенні схили моделюються екзогенними процесами.

Ендегенні складні схили характеризуються досить значними довжиною і висотою (у гірських країнах висота - до перших км, довжина - до перших сотень км; на платформах висота може перевершувати 1-2 км). Екзогенні схили - похилі поверхні, що формуються в результаті безпо-

середнього впливу екзогенних процесів. Вони не відповідають елементам тектонічних деформацій, але окремі параметри (крутість і ін.) побічно залежать від внутрішньої будови і характеру загальних новітніх рухів.

Будова полігенних схилів визначається сполученням ендегенних і екзогенних поверхонь. Крутість і її зміна залежать від співвідношення ендегенних (Т) і нівелюючих екзогенних (Д) процесів:  $T > D$  - крутість згодом зростає;  $T = D$  - динамічну рівновагу, збереження загальної крутості;  $T < D$  - вирівнювання схилу.

### Література

1. Адаменко О.М., Рудько Г.И. Основы экологической геологии (на примере экзогеодинамических процессов Карпатского региона Украины). - Київ.: Манускрипт, 1995. - 211 с.
2. Адаменко О.М., Рудько Г.И. Основы экологической геологии (на примере экзогеодинамических процессов Карпатского региона Украины). - Київ.: Манускрипт, 1995. - 211 с.
3. Адаменко О.М., Рудько Г.И. Екологічна геологія. – Київ : Манускрипт, 1999.
4. Говард А.Д., Ремсон І. Геология и охрана окружающей среды. – Переклад з англійської, М. : Надра, 1982.
5. Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. – К., ЗАТ «Нічлава», 2002. – 624 с.
6. Палиенко Е.Т. Поисковая и инженерная геоморфология. К. : Вища школа, 1978.
7. Симонов Ю.Г., Кружалін В.И. Инженерная геоморфология. - М. : Изд-во Моск. ун-та. 1993. - 208 с.
8. Стецюк В.В., Рудько Г.І. Екологічна геоморфологія та охорона надр. - Київ, ВПЦ "Київський університет", 2004.
9. Стецюк В.В., Сілецький Ю.А. Основы экологической геоморфологии. – Київ : Четверта хвиля, 2000. – 348 с.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

- Байрак Олена Миколаївна (Київ)** – доктор біологічних наук, професор кафедри заповідної справи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.
- Бондар Олександр Іванович (Київ)** – доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НААНУ, заслужений діяч науки і техніки України, ректор Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.
- Виговська Ганна Павлівна (Київ)** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Глуховський Павло Вікторович (Лос-Анжелес)** – кандидат біологічних наук, професор, Національний Університет.
- Готинян Василь Степанович (Київ)** – професор кафедри геоінформаційних та аерокосмічних технологій Державної екологічної Академії післядипломної освіти та управління.
- Денисенко Інна Юріївна (Київ)** – аспірант, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Дубчак Сергій Валерійович (Київ)** – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Зуб Леся Миколаївна (Київ)** – кандидат біологічних наук, Інститут еволюційної екології НАН України.
- Івашина Олена Василівна (Київ)** – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Іващенко Тарас Григорович (Київ)** – кандидат технічних наук, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Індже Ірина Дмитрівна (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри водно-екологічних проблем Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.
- Кофанова Олена Вікторівна (Київ)** – доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук, професор, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут".
- Коломійчук Віталій Петрович (Київ)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри заповідної справи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.
- Кучма Тетяна Леонідівна (Київ)** – аспірант, Інститут агроекології та природокористування НААН.
- Лапшин Юрій Серафимович (Київ)** – доктор технічних наук, професор кафедри екологічної безпеки Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.
- Лисенко Геннадій Миколайович (Ніжин)** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

- Липовий Володимир Олександрович (Харків)** – Національний університет цивільного захисту України.
- Лозовіцький Павло Станіславович (Київ)** – кандидат технічних наук, гідрогеолог, гідрохімік, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Лукіша Віталій Васильович (Київ)** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри збереження біорізноманіття та біобезпеки Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.
- Машков Олег Альбертович (Київ)** – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, проректор з наукової роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.
- Мнухін Анатолій Григорович (Запоріжжя)** – доктор технічних наук, Запорізька державна інженерна академія.
- Мнухіна Н.А. (Запоріжжя)** – кандидат технічних наук, Запорізька державна інженерна академія.
- Насекян Ю.П. (Запоріжжя)** – кандидат технічних наук, Запорізька державна інженерна академія.
- Пашков Дмитро Павлович (Київ)** – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
- Петрук Василь Григорович (Вінниця)** – Доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет.
- Пляцук Леонід Дмитрович (Суми)** – Сумський державний університет.
- Погурельський Сергій Петрович (Київ)** – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Стискал Оксана Анатоліївна (Вінниця)** – Вінницький національний технічний університет.
- Томахін Михайло Лоранович (Київ)** – Директор департаменту охорони природних ресурсів.
- Томченко Ольга Володимирівна (Київ)** – Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України.
- Удянський Микола Миколайович (Харків)** – Національний університет цивільного захисту України.
- Цвілій Олена Олександрівна (Київ)** – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.
- Черниш Єлизавета Юріївна (Суми)** – Сумський державний університет.
- Шевцова Людмила Василівна (Київ)** – доктор біологічних наук, професор, Національний Університет «Києво-Могилянська Академія».
- Яковенко Людмила Олексіївна (Київ)** – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Наукове видання

---

# ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

---

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

**1 / 2015 (8)**

---

- *Екологічні питання в контексті євроінтеграції України*
- *Загальні проблеми екологічної безпеки навколишнього середовища*
- *Екологія та економіка природокористування*
- *Проблеми еколого-збалансованого розвитку*
- *Інноваційні аспекти підвищення рівня екобезпеки*
- *Розвиток природно-заповідного фонду*
- *Екологія і виробництво*

Адреса редакції:

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;  
тел./факс (+38 044) 248-40-21;  
[www.ecoj.dea.gov.ua](http://www.ecoj.dea.gov.ua)  
e-mail: [pressdei@ukr.net](mailto:pressdei@ukr.net)

Підписано до друку \_\_. \_\_. 2015 р. Формат 70 x 100 / 1/16.  
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 17,55. Наклад 500 прим.  
Видання та друк: ФОП Грінь Д.С., 73033, м. Херсон, а/с 15  
e-mail: [dimg@meta.ua](mailto:dimg@meta.ua). Свід. ДК № 4094 від 17.06.2011