

Шифр «БЕЗПЕКА РІК»

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

на тему:

**«МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕНЬ СТАНУ
БЕЗПЕКИ РІЧКОВИХ БАСЕЙНІВ НА
ПРИКЛАДІ ЗАХІДНОГО БУГУ»**

2019 рік

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. Україна належить до найменш водозабезпечених держав Європи, оскільки запаси місцевих ресурсів річкового стоку на одну людину становлять близько 1,0 тис. м³ на рік. Основною причиною забруднення поверхневих вод є скидання неочищених та недостатньо очищених виробничих стічних вод. Використання шахтної води допомогло б вирішити відразу дві проблеми: знизити її згубний вплив на довкілля і подолати дефіцит технічної води в небагатих водними ресурсами регіонах.

Одним із перспективних способів демінералізації стічних та шахтних вод є електродіаліз, за допомогою якого можливе знесолення та концентрування вод. Не менш економічно доцільним методом очищення від забруднень стічних та шахтних вод є адсорбційний із використанням природних сорбентів (цеолітів, глауконітів, бентонітів, палигорськітів). Використані природні адсорбенти доволі часто не потребують регенерації (насичені вилученим компонентом сорбенти отримують нові якісні характеристики і часто можуть використовуватись в інших технологіях).

Тому дослідження, спрямовані на удосконалення адсорбційно-іонообмінних процесів очищення стічних та шахтних вод є актуальними і важливими для підвищення екологічної безпеки гідросфери.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки гідросфери шляхом удосконалення адсорбційних процесів очищення від забруднень із застосуванням природних сорбентів та процесів обезсолювання із застосуванням електродіалізу з ціллю очищення стічних та шахтних вод.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– провести аналіз екологічної небезпеки від забруднення довкілля стічними та шахтними водами;

– встановити характеристики розподілу діаметру пор природних та модифікованих сорбентів та залежність механізму процесів сорбції від цих характеристик;

– дослідити методи прогнозування сорбційних процесів, в яких використовуються природні сорбенти;

– розробити ефективну комплексну технологічну схему очищення стічних та шахтних вод із застосуванням адсорбції та електродіалізу із міжмембранною засипкою іонітом.

Об’єкт дослідження – процеси очищення стічних та шахтних вод.

Предмет дослідження – процеси очищення стічних та шахтних вод від забруднень природними сорбентами та знесолення цих вод методом електродіалізу.

Методи досліджень включають в себе розроблені методики експериментальних досліджень, хімічні методи визначення концентрацій. Електрохімічні методи: кондуктометричне визначення електропровідності розчинів. Структурний аналіз здійснювали рентгенофазовим методом, методом інфрачервоної спектроскопії. Обробку та візуалізацію експериментальних даних виконували за допомогою пакетів прикладних програм (Microsoft Excel; Statistica 7.0; Origin 8.0).

Загальна характеристика наукової роботи. Наукова робота складається зі вступу, 11 розділів, висновків, списку використаної літератури.

Ключові слова: стічні води, шахтні води, забруднення, сорбент, електродіаліз, гідросфера, водо забезпечення.

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ | 5 |
| 1. Характеристика водних ресурсів басейну Західного Бугу | 6 |
| 2. Принципи управління водними ресурсами в Україні | 7 |
| 3. Річковий басейн як одиниця управління | 9 |
| 4. Оцінка основних забруднень річки Західний Буг | 10 |
| 5. Аналіз відомих технологій очищення стічних вод | 11 |
| 6. Методика дослідження елементного складу ґрунтів та рослин на рентгенофлуоресцентному аналізаторі EXPERT 3L | 13 |
| 7. Аналіз масштабів водокористування в басейні Західного Бугу | 14 |
| 8. Аналіз динаміки скиду зворотних вод в поверхневі водойми Західного Бугу | 16 |
| 9. Аналіз змін стану водних об'єктів басейну Західного Бугу за результатами спостережень та лабораторних вимірювань | 18 |
| 10. Аналіз основних джерел екологічної небезпеки гідроекосистеми Західного Бугу | 24 |
| 11. Ідентифікація джерел забруднень гідроекосистеми Західного Бугу перспективних технологічних та управлінських заходів для мінімізації екологічної небезпеки | 26 |
| Висновки | 29 |
| Список використаних джерел | 31 |

ВСТУП

17 березня 2006 р. створено Західно-Бузьку Басейнову раду в яку увійшли представники обласних та районних рад, облдержадміністрацій, державних установ (басейнового управління, управління екології, гідрометеоцентру, санітарно-епідеміологічної служби), водокористувачів, наукових та громадських організацій Волинської та Львівської областей. Львівське облводресурсів також являється членом Західно-Бузької Басейнової ради.

Басейнові Ради виконують дорадчу функцію. Головною метою Ради є сприяння впровадженню принципів комплексного управління водними ресурсами у басейні шляхом прийняття узгоджених рішень з питань водогосподарської політики на території басейну із залученням до процесу управління басейном водокористувачів, населення, громадських екологічних організацій і наукових установ, об'єднання інтересів суб'єктів водних відносин, розв'язання конфліктних ситуацій, планування заходів по усуненню негативного впливу на водні ресурси басейну.

1. Характеристика водних ресурсів басейну Західного Бугу

Річка Західний Буг відноситься до двадцяти найбільших річок України і є єдиною рікою, яка впадає в Балтійське море. Західний Буг бере свій початок на північних схилах Подільської височини у Колтівській улоговині біля с. Верхобуж Золочівського району Львівської області на висоті 340 м над рівнем моря. Ця річка є головною притокою р. Вісли у Польщі. Загальна довжина річки становить 755 км, з яких 184 км протікає в Україні, після чого, вона формує кордон між Україною та Польщею. Нижче за течією Буг формує кордон між Білоруссю та Польщею, а потім тече у Польщу. Територія річкового басейну становить 39400км², з яких 25% знаходиться в Україні, 25% в Білорусі і 50% в Польщі.

У басейні Західного Бугу добре розвинута гідрологічна мережа. У регіоні представлені переважно рівнинні річки з високою щільністю річкової сітки (від 0,2 до 1,2 км/км²; найвища на Подільській височині, найменша на Малому Поліссі). Середня щільність річкової сітки у басейні Західного Бугу становить 0,35 км/км². Для річок – приток басейну Західного Бугу характерний змішаний тип живлення. Навесні вони поповнюються талими сніговими водами, влітку – дощовими, весь рік – підземними. Найвищий рівень води в річках спостерігається у березні-квітні під час танення снігу, а також у першій половині літа, коли випадає найбільша кількість опадів. Найнижчий рівень води (межень) спостерігається у серпні-вересні та грудні-лютому. Швидкість течії річок неоднакова, найменша – в поліських областях.

Територія басейну багата ріками та струмками, яких нараховується понад 3213. Крім того, навесні під час танення снігу та влітку під час тривалих дощів утворюються тисячі тимчасово діючих потоків. Від витoku до м. Устилуг Волинської області річка має передгірській характер, протікає горбистою, дуже пересічною місцевістю.

Русло річки досить звивисте, характеризується значною кількістю рукавів, староріч, островів. Ширина річки на території Львівської

області змінюється в значних межах від 10м вище міста Бузька до 100 м біля Кам'янки–Бузької. Переважаюча ширина річки на відрізьку до Устилуга рівна 40 – 70 м, нижче – 50 – 80 м, найбільш поширена глибина річки до Устилуга 2 – 4 м, нижче – до 6,5 м. Швидкість течії в умовах низьких рівнів 0,3 – 0,6 м/с.

Значне місце в гідрографічній мережі території займають озера різного генезису. За умовами утворення всі озера поділяються на три типи: льодовикового, річкового походження та озера, пов'язані із давнім та сучасним карстом крейдяних порід. Живлення озер відбувається за рахунок ґрунтових вод та атмосферних опадів. Найбільшим озером є Світязь у верхів'ях р. Копаївка, поблизу польсько-українсько-білоруського кордону. Ці озера є важливими на шляху міграції птахів і підлягають дії Рамсарської конвенції.

На території басейну річки Західний Буг розташовано 7 водосховищ загальним об'ємом 31,4 млн. м³, із них 5 знаходиться в межах Львівської області та 2 - на території Волинської. Найбільші із них: Добротвірське – 14,8 млн. м³ та Сокальське – 11,05 млн. м³. За допомогою водосховищ проводиться перерозподіл стоку річок на протязі року з метою збільшення їх водності та забезпечення подальшого використання заакумульованих об'ємів води. Основним водокористувачем та водоспоживачем є Добротвірська ТЕС, яка використовує акваторію створеного водосховища для охолодження циркуляційної води та інших технологічних потреб.

2. Принципи управління водними ресурсами в Україні.

Практично кожна країна світу має свою модель управління річковим басейном, найвідомішими є французька, англійська, німецька, іспанська, американська та австралійська.

В Україні основними методами охорони водних ресурсів від забруднення є ефективна очистка стічних вод на очисних спорудах за новими чи удосконаленими існуючими технологіями, використання передових технологій

сільськогосподарського та промислового виробництва, впровадження замкнених (безстічних) систем водопостачання у виробничих циклах без випуску стоків у природні джерела, недопущення застосування пестицидів та інших отрутохімікатів у водоохоронній зоні. Такі заходи сприятимуть скороченню рівня водоспоживання у промисловості, зменшенню скидів стічних вод у природні водойми та поліпшенню екологічного стану довкілля.

Світовий досвід свідчить, що екологічно безпечне водокористування, збереження водних ресурсів для майбутніх поколінь залежить не лише від рівня технологій, які використовуються. Значною мірою воно обумовлено системою господарювання, раціональним використанням водних ресурсів, їхньою охороною та відтворенням.

Найефективніший у міжнародній практиці та такий, що відповідає головним засадам Рамкової Водної директиви Європейського Союзу - басейновий принцип управління, використання та охорони вод. Враховуючи досвід країн-членів ЄС та концептуальні засади адміністративно-територіальної реформи, уряд України поступово впроваджує нові підходи у практику управління водними ресурсами через створені басейнові правління. Завдяки їм створюється механізм, який забезпечує інтереси всіх водокористувачів. Останнім часом підкреслюється необхідність впровадження басейнових управлінь саме на рівні річкового басейну. Басейновий принцип управління водними ресурсами передбачає транскордонне співробітництво у галузі використання й охорони вод та відтворення водних ресурсів на прикордонних водах. Держводгосп України, який є уповноваженим представником Уряду з цих питань, здійснює моніторинг поверхневих вод на кордонах з Росією, Білоруссю, Молдовою, Румунією, Угорщиною, Словаччиною на 44 створах.

В Україні розроблено багато нормативно-правових документів, які мають на меті забезпечити охорону вод, попередження та усунення забруднення водних об'єктів. Серед них Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» (2002), «Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води», «Питна вода України на

2006-2020 роки» (2005) та Державна цільова соціальна програма першочергового забезпечення централізованим водопостачанням сільських населених пунктів, що користуються привізною водою, на період до 2010 року (2008). Міністерство охорони здоров'я України переглянуло та затвердило оновлені санітарні норми і правила “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання” (2010).

Серйозною прогалиною у діяльності уряду є слабкі механізми контролю та відсутність наукових методик його організації. Ціла низка міністерств і відомств самостійно контролює свою діяльність, а єдина цілісна система державного контролю в галузі охорони природи не працює. Держава повинна терміново вдосконалити екологічні та економічні механізми, сприяти залученню громадськості до подолання правового нігілізму в суспільстві.

3. Річковий басейн як одиниця управління

Річковий (гідрографічний) басейн – це природна екосистема, що має чіткі географічні кордони, в межах яких і повинне здійснюватися управління водними ресурсами, у тому числі підземними водами, не дивлячись на адміністративні і політичні кордони.

Басейновий принцип дозволяє:

- комплексно враховувати і використовувати обмежений природно-ресурсний потенціал держави, об'єктивно оцінювати якість води в річкових басейнах на основі цільових показників якості води у водних об'єктах.
- об'єднати інтереси суб'єктів водних стосунків і сприяти вирішенню конфліктів водокористування.
- за допомогою довгострокового скоординованого планування, обґрунтовано встановлювати пріоритети у водогосподарських рішеннях, поетапно досягати і підтримувати встановлені цільові показники водних об'єктів (якість і кількість водних ресурсів, їх використання тощо), уникаючи проміжних та незбалансованих цілей.

- через делегування повноважень щодо управління водними ресурсами на басейновий рівень, поступово перейти на систему, що самоокуповується, тим самим скоротивши або повністю звільнивши державу від фінансової відповідальності в цих питаннях

- акумулювати та ефективно використовувати фінансові кошти, направляючи їх на усунення причин, а не на боротьбу з наслідками

- через залучення водокористувачів до процесу ухвалення рішень, стимулювати їх фінансову участь в здійсненні заходів у басейні.

Державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюється за басейновим принципом на основі державних, цільових, міждержавних та регіональних програм використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

4. Оцінка основних забруднень річки Західний Буг.

Ріка Західний Буг потрапила у перелік 5 найбільш забруднених річок України [33]. Детальний аналіз геоекологічних наслідків роботи комунального господарства в басейні річки Західний Буг приводиться в роботі І.Б.Койнової. Автор констатує, що визначальний вплив на забруднення річки спричинений водоканалами (і в значній мірі Львівським), а також стоками інфільтратів численних сміттєзвалищ. Великий пласт досліджень українських, польських та білоруських науковців висвітлений у монографіях, що видавались Варшавською Вищою Школою Екології та Управління за результатами міжнародних конференцій з екологічної проблематики басейнів Бугу та Нарви (2007, 2009, 20011, 2013), вплив комунального господарства на екологічний стан річки в яких проте не висвітлений. Виходячи із основних джерел забруднення річки Західний Буг, основними видами забруднень є ті ж, які характерні і для господарсько-побутових стічних вод та інфільтратів сміттєзвалищ: амоній, нітрити та нітрати, фосфіати, органічні забруднення та важкі метали. Найбільше у недостатньо очищених господарсько-побутових стоках, що потрапляють в Західний Буг міститься сполук азоту (амоній,

нітриту і нітрату), фосфору та калію. Потрапляючи у поверхневі водойми вони спричиняють бурхливий розвиток рослин та збільшення чисельності зоопланктону. Як наслідок, відбувається евтрофікація, різко знижується кількість кисню та прозорість води.

5. Аналіз відомих технологій очищення стічних вод

Детальна класифікація методів очищення стічних вод відображена на рис.5.1.

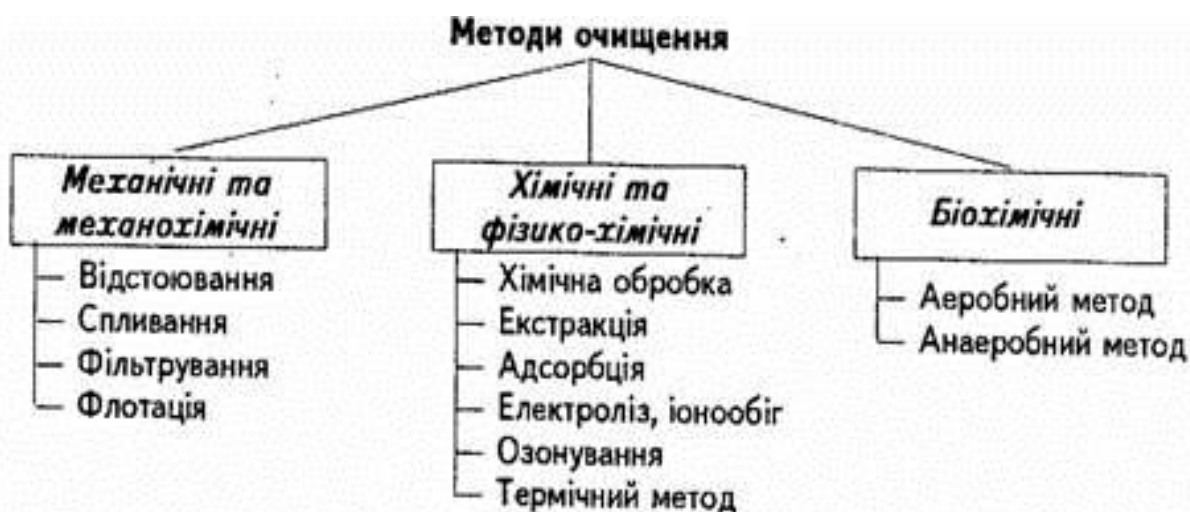


Рисунок 5.1. - Класифікація методів очищення стічних вод.

Приведені на рис.5.1. методи очищення знаходять широке застосування у практиці очищення виробничих стічних вод. Застосування конкретного методу очищення пов'язане із особливостями реалізації технологічних процесів, у яких утворюються стічні води, їх кількістю та характером, комбінацією та концентрацією забруднень, іншими особливостями, які характерні для певної конкретної ситуації.

Що ж відноситься до побутових стічних вод, то найбільш поширеними методами, які використовуються на каналізаційних очисних спорудах, є біологічні аеробні та анаеробні методи.

Найбільш поширеним для видалення азоту на сьогодні є класичний процес комбінування нітрифікації та наступної денітрифікації. Процес відбувається в аеробних умовах, оптимальна концентрація кисню складає $1,5 - 2 \text{ мг/дм}^3$.

В процесі реалізації анаеробного окиснення видаляється також основна кількість органічних забруднень. Зникає потреба у додаванні метанолу або іншого джерела вуглецю, оскільки стічні води містять значну його кількість. Поліпшення процесу очищення стічних вод можливе у випадку часткової нітрифікації амонію до нітриту у поєднанні з окисненням анаеробного амонію.

Очищення стічних вод від сполук фосфору є обов'язковою операцією у всіх без винятку країн Євросоюзу, але така вимога не ставиться до очисних споруд України і ні одні каналізаційні очисні споруди України не містять стадії очищення стоків від фосфорних сполук. Одним з розв'язків цієї проблеми є попередня дефосфатизація стічної води за допомогою неорганічних реагентів.

В основі біологічного методу видалення сполук фосфору лежить здатність деяких видів бактерій запасати в більшій кількості розчинні ортофосфати в клітинах у формі нерозчинного поліфосфату. В аеробній зоні в клітинах відбувається окиснення раніше запасених органічних речовин, і виділена енергія використовується бактеріями для поглинання ортофосфату з водного середовища, перетворення його в поліфосфат для повторення циклу і зростання клітини. Проте вміст нерозчинних форм сполук фосфору може призвести до зниження рівня очищення, оскільки нерозчинні сполуки, що знаходяться у вигляді твердої фази, не можуть засвоюватися мікроорганізмами, а тому необхідна попередня фільтрація або відстоювання стоків перед біологічним очищенням.

6. Методика дослідження елементного складу ґрунтів та рослин на рентгенофлуоресцентному аналізаторі EXPERT 3L

Дослідження елементного складу проб ґрунтів та рослин, відібраних в процесі виконання моніторингових досліджень, проводились на рентгенофлуоресцентному аналізаторі EXPERT 3L. Загальний вигляд рентгенофлуоресцентного аналізатора EXPERT 3L представлений на рис.6.1.

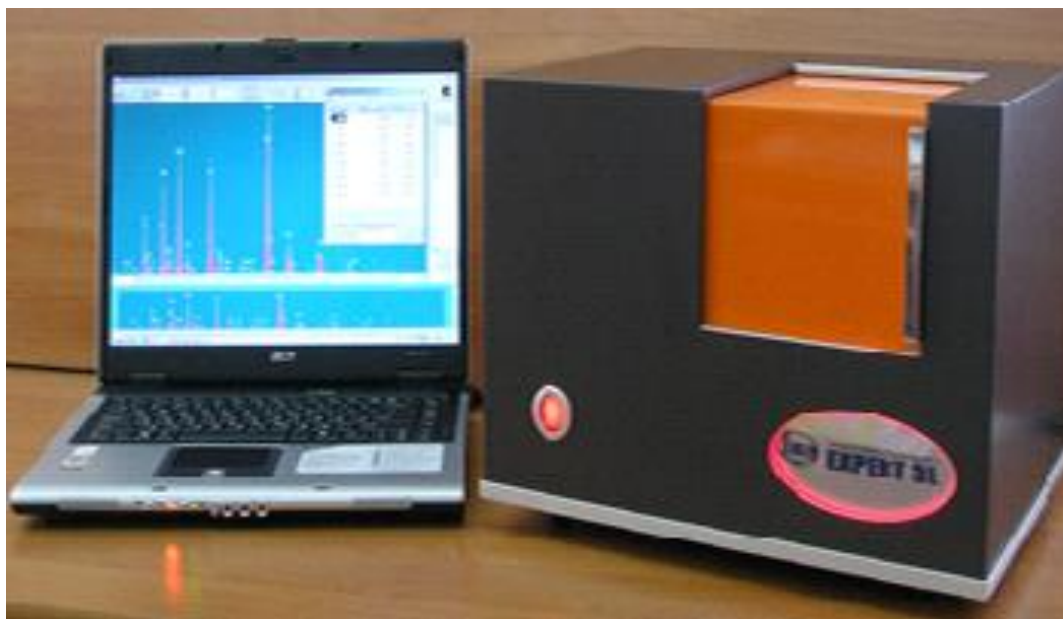


Рисунок 6.1. - Загальний вигляд рентгенофлуоресцентного аналізатора EXPERT 3L.

Рентгенофлуоресцентний аналізатор EXPERT 3L призначений для вимірювання методом рентгенофлуоресцентного аналізу масової частки (%) основних хімічних елементів. Діапазон вимірювань: хімічні елементи, що вимірюються, знаходяться у діапазоні від магнію (12 Mg) до урану (92U). Принцип вимірювання полягає в тому, що в процесі взаємодії зразка з високоенергетичним рентгенівським випромінюванням одна частина випромінювання проходить через зразок, інша частина розсіюється, а частина випромінювання поглинається речовиною зразка. В процесі поглинання рентгенівського випромінювання речовиною виникають відразу декілька ефектів. Одним із цих ефектів є рентгенівська флуоресценція - генерування речовиною вторинного рентгенівського випромінювання. У аналізаторі

EXPERT 3L реалізується методика енергодисперсійного рентгенофлуоресцентного елементного аналізу із використанням методу фундаментальних параметрів. Цей метод полягає у порушенні характеристичного випромінювання атомів проби фотонами гальмівного спектру малопотужної рентгенівської трубки. Випромінювання реєструється напівпровідниковим PIN- детектором з термоелектричним охолодженням.

7. Аналіз масштабів водокористування в басейні Західного Бугу

Баланс використання води різними типами водоспоживачів у басейні Західного Бугу представлений в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Баланс використання води у басейні Західного Бугу

| | Забрано прісної води, млн. м ³ | | | Використано, млн. м ³ | | | | |
|---------|--|---|---|----------------------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------------|-------|
| | всього | у т. ч. з поверх- невих водних джерел | з підзем- них водних джерел | всього | у т.ч. на виробничі потреби | с\г | комуна- льне господар- ство | Інші* |
| 2015 р. | 56,58 | 6,47 | 50,11 | 35,70 | 12,10 | 5,69 | 17,64 | 0,29 |
| 2014 р. | 70,65 | 16,89 | 53,76 | 46,14 | 12,11 | 6,33 | 20,03 | 7,67 |

За даними у 2015 році забір прісної води із природних водних об'єктів в басейні Західного Бугу зменшився на 13,97 млн.м³ в порівнянні з 2014 роком і становив 56,58 млн.м³. Причиною такої динаміки стало зменшення забору поверхневих на 10,42 млн.м³ (16,89 млн.м³ у 2014 році до 6,47 млн.м³ у 2015 році) та зменшення забору прісної води із підземних водних об'єктів на 3,65 млн.м³ (53,76 млн.м³ у 2014 році, 50,11 млн.м³ у 2015 році).

Загальний забір води у басейні Західного Бугу зменшився головним чином за рахунок ЛМКП «Львівводоканал» (на 2,64 млн.м³), КП «Червоноградводоканал» (на 0,3 млн.м³), орендарів рибогосподарської

діяльності (3,8 млн.м³), сільськогосподарських підприємств Сокальського, Жовківського, Радехівського, Кам'яно-Бузького, Буського, Золочівського районів.

Зменшення забору прісної води з підземних джерел на 3,65 млн.м³ відбулось за рахунок:

- ЛМКП «Львівводоканал» - на 2,64 млн.м³.
- сільськогосподарських підприємств Сокальського, Жовківського, Радехівського, Кам'яно-Бузького, Буського, Золочівського районів.

Основні причини цього зменшення зумовлені такими чинниками:

- встановлення приладів обліку та економного відношенням до своїх коштів споживачами населених пунктів і супутніх споживачів.
- встановлення обліку води на свердловинах, що дає можливість відстежувати реальні обсяги забору води.
- зменшилась кількість аварій внаслідок заміни аварійних ділянок збірних та магістральних водогонів.

Відповідно до зменшення забору води із природних водних об'єктів зменшилось і їх використання на 10,4 млн.м³. Основне зменшення відбулось за рахунок ставкових господарств, які протягом року не здійснювали забір води з поверхневих водних об'єктів.

Використання води на виробничі потреби залишилося на рівні 2014 року і становило 12,1 млн.м³.

За 2015 рік використання води на господарсько-питні потреби в басейні річки Західний Буг зменшилося на 2,39 млн.м³ в результаті подальшого встановлення приладів обліку в квартирах мешканців міст і селищ. Зменшення використання води спостерігалось на таких підприємствах: ЛМКП «Львівводоканал» (1,1 млн.м³), КП «Червоноградводоканал» (0,2 млн.м³), а також шахти Червоноградського вугільного басейну.

8. Аналіз динаміки скиду зворотних вод в поверхневі водойми Західного Бугу

Баланс скиду зворотних вод у поверхневі водні об'єкти басейну Західного Бугу представлений на рис.8.1.

У 2015 р. скид нормативно-очищених стічних вод зменшився на 1,2 млн.м³, нормативно-чистих (за рахунок зменшення забору) – на 1,5 млн.м³ порівняно з 2014 роком.

ДТЕК ВП «Добротвірська ТЕС» зменшила об'єм скиду води на 0,82 млн.м³ і у 2015 році скинула тільки нормативно-чисті без очищення стоки. Після ремонту трубопроводу відведення очищених побутових стічних вод проводиться не у водний об'єкт, а для поповнення системи повторно-последовного водопостачання золовидалення.

Допущено скид неочищених вод ПРАТ «Компанія «Ензим» внаслідок аварійної ситуації, яка сталася під час виконання демонтажних робіт на ємності з-під аміачної води.

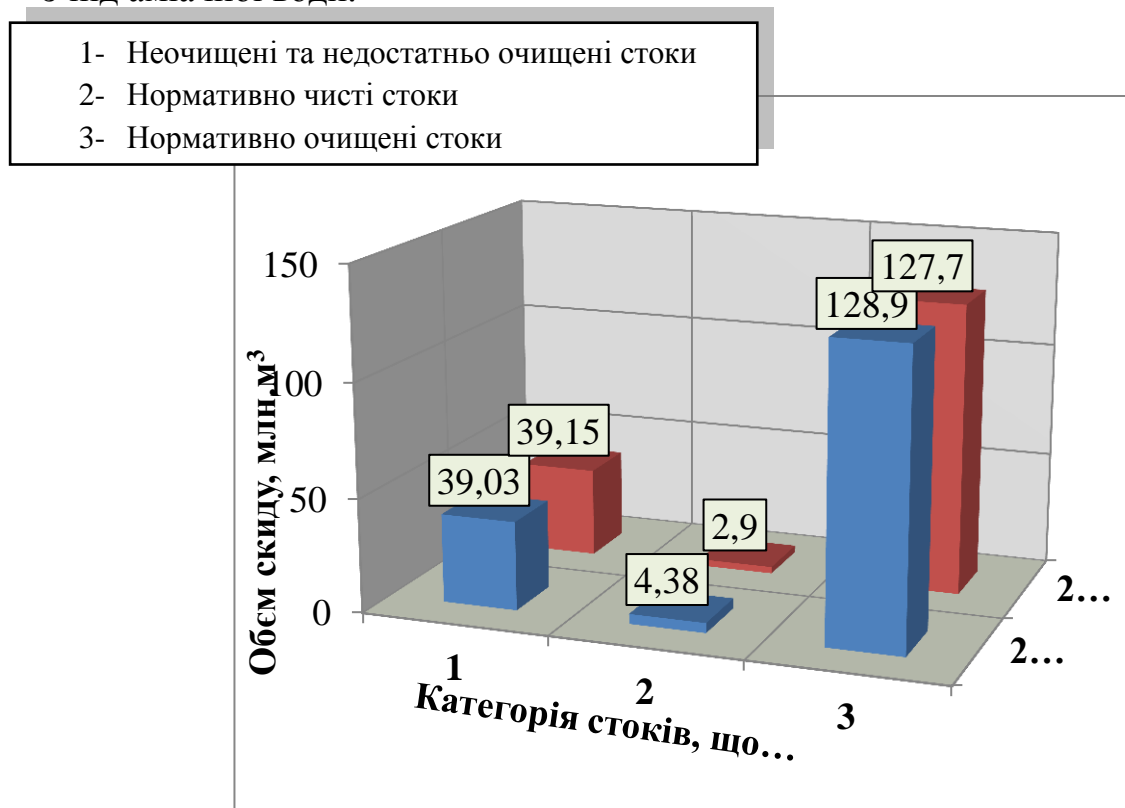


Рисунок 8.1. – Баланс скиду зворотних вод у поверхневі водні об'єкти басейну Західного Бугу.

Зменшення скиду стоків загалом і недостатньо-очищених вод у їх числі зафіксовано на Рава-Руському БУ № 2 та КП «Червоноградводоканал» через зменшення забору і використання води абонентами підприємства.

Зменшився скид нормативно-чистих вод на 1,48 млн.м³ внаслідок зменшення забору і скиду МКП «Золочівводоканал», Вузівського МПД № 2, ТзОВ «Радехівцукор».

Поряд із загальним зменшенням скиду зафіксовано збільшення скиду неочищених і недостатньо-очищених зворотних вод на 0,12 млн.м³ внаслідок зростання скиду КП «Кам'янкаводоканал», Львівського національного аграрного університету, Сокальського МКП ВКГ, КП ЖКГ Великомоствівської міської ради.

Без змін категорії здійснювався скид стічних вод з КОС-1 і КОС-2 ЛМКП «Львівводоканал».

В ріки басейну Західного Бугу продовжують поступати забруднені стічні води таких комунальних підприємств:

ЛМКП «Львівводоканал» КОС-1. Протягом 2015 року на КОС-1 перекидалися дощові стоки з басейну каналізування КОС-2 для розбавлення госппобутових та виробничих стоків з метою зменшення концентрації забруднюючих речовин. Крім того, проведено капітальний ремонт первинного відстійника № 10, заміну центрального відбивача, поточні ремонти відстійників № 6 і 9, виготовлення та заміну шиберних затворів на пісколовках та первинному відстійнику № 10 і вторинному відстійнику № 9, ремонт компресора і аеротенка-змішувача № 5, встановлення системи преаерації аеротенків-витискувачів № 1-4. Внаслідок зменшення використання води підприємствами, ремонту КОС та введення в експлуатацію на деяких підприємствах очисних споруд попередньої очистки зменшився скид з КОС-1 ЛМКП «Львівводоканал» кількості забруднюючих речовин: сухого залишку, хлоридів, сульфатів, азоту амонійного, нітратів, нітритів, заліза, міді, а також марганцю і кадмію, однак збільшився скид СПАР, фосфатів, свинцю, нафтопродуктів, хрому, ХСК, завислих речовин, цинку і нікелю. Збільшення

скиду мікроелементів викликане зростанням їх поступлення зі стічними водами підприємств м. Львова (ці забруднюючі речовини не вилучаються в процесі очистки на КОС). ЛМКП «Львівводоканал» залишається найбільшим забруднювачем поверхневих вод Львівської області.

9. Аналіз змін стану водних об'єктів басейну Західного Бугу за результатами спостережень та лабораторних вимірювань

Середні значення показників якості води за 2015 р. були порівняні з відповідними середніми значеннями показників якості води за 2014 рік. Зміна якості води у пунктах спостережень залежить від кількості та якості стічних вод підприємств, неорганізованих стоків, метеорологічних факторів, гідрологічних умов річок під час відбору проб води тощо.

Аналіз профілів зміни концентрацій основних забруднень у Західному Бугу в границях Львівської області представлені на рис.9.1 – 9.7. Для побудови профілів з ціллю фіксації максимальних перевищень концентрацій забруднень відкладались максимальні концентрації забруднень, які фіксувались на протязі року в контрольних створах.

На рис.9.1 і рис.9.2 представлено профілі зміни ХСК та БСК₅ у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках. Як видно із представлених рисунків, залежності мають однотипний характер. Початковий їх високий рівень пов'язаний із впливом Львівських каналізаційних очисних споруд, виск із яких через ріку Полтву потрапляє в Західний Буг. Високі значення ХСК і БСК₅ свідчать про недостатню ступінь очищення стоків на цих каналізаційних очисних спорудах і значну кількість органічних забруднень, які потрапляють в Західний Буг внаслідок цього недосконалого очищення.

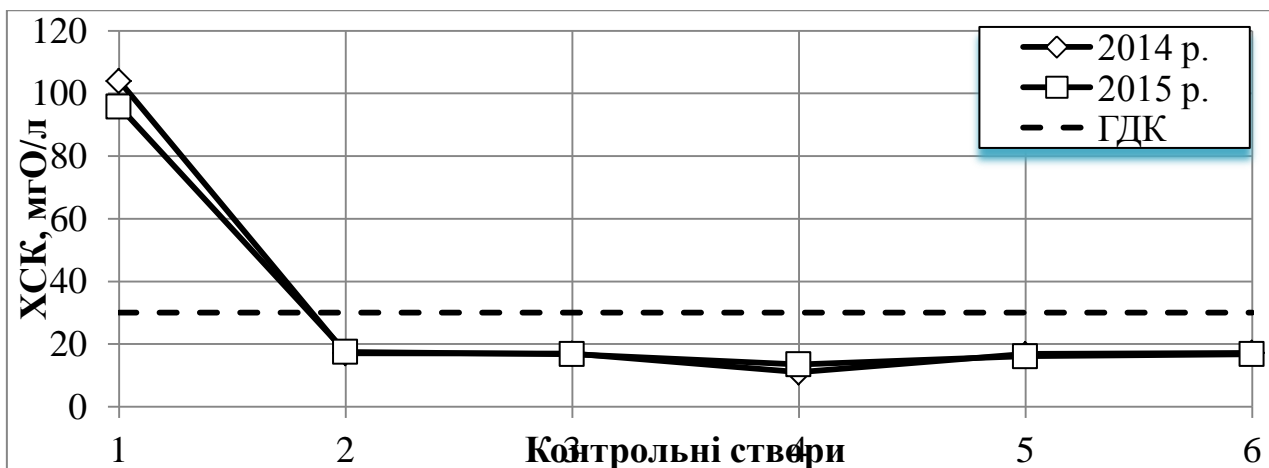


Рисунок 9.1 - Профілі зміни ХСК у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.



Рисунок 9.2 - Профілі зміни БСК₅ у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.

Слід зауважити, що для профілю ХСК суттєве перевищення ГДК (більш ніж у 3 рази) спостерігається тільки на першому контрольному створі (після впадіння у Західний Буг ріки Полтви). На подальшому профілю ріки перевищення ГДК для хімічного споживання кисню не спостерігається. Що ж відноситься до БСК₅, то як і у попередньому випадку найбільш суттєве перевищення цього показника (майже в 15 разів) спостерігається у першому контрольному створі. Але і в подальшому на протязі практично всього профілю

Західного Бугу в Львівській області значення БСК₅ знаходиться або на рівні ГДК, або незначно його перевищує.

Що ж відноситься до профілів цих забруднень у 2014 та 2015 роках, то слід зауважити, що відрізняються вони незначно. І будь які заходи щодо зниження рівня забруднень стоків, які потрапляють в Західний Буг після першого контрольного створу нівелюються масивами забруднень Львівських каналізаційних очисних споруд, які потрапляють у Західний Буг через Полтву.

На рис.9.3 представлені профілі зміни концентрації іонів амонію у Західному Бузі в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках

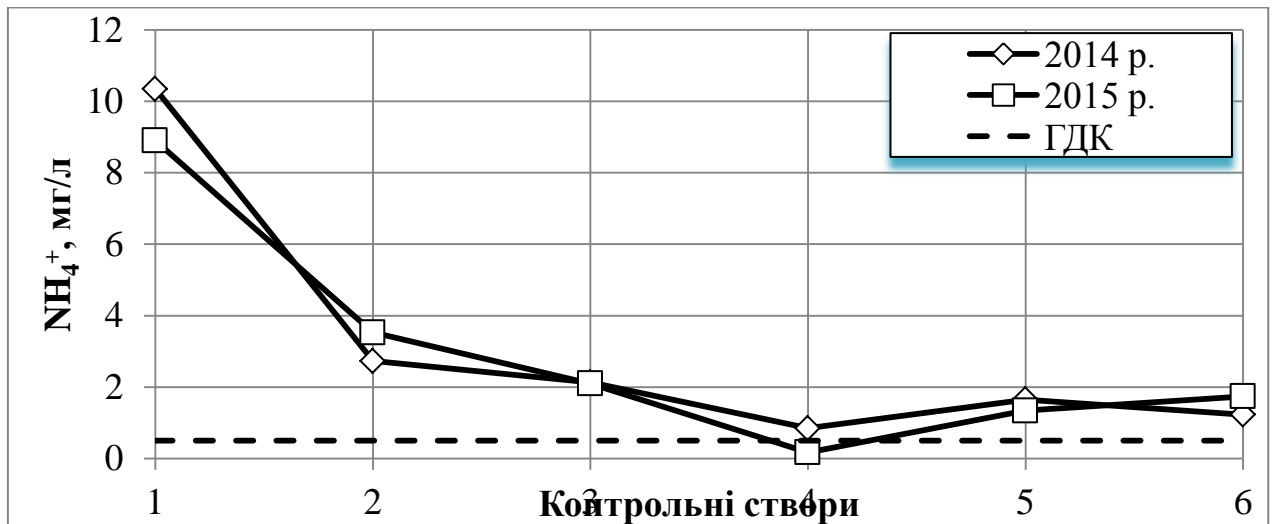


Рисунок 9.3 - Профілі зміни концентрації іонів амонію у Західному Бузі в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.

Як видно із даних, представлених на рис.3.4, Практично на всьому профілі Західного Бугу в границях Львівської області концентрація іонів амонію перевищує ГДК. Найбільше перевищення концентрації іонів амонію спостерігається у першому створі після потрапляння у Західний Буг із Полтви недостатньо очищених стоків Львівських каналізаційних очисних споруд. В подальшому доокиснення іонів амонію проходить у самій річці, його концентрація падає, хоча і не опускається нижче ГДК. Другий екстремум незначного підвищення концентрації іонів амонію спостерігається на 5 та 6

створах, що мабуть пов'язано із потраплянням в Західний Буг недостатньо очищених міських стоків Червонограда та Сокаля.

На рис.9.4 представлені профілі зміни концентрації нітратів у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках

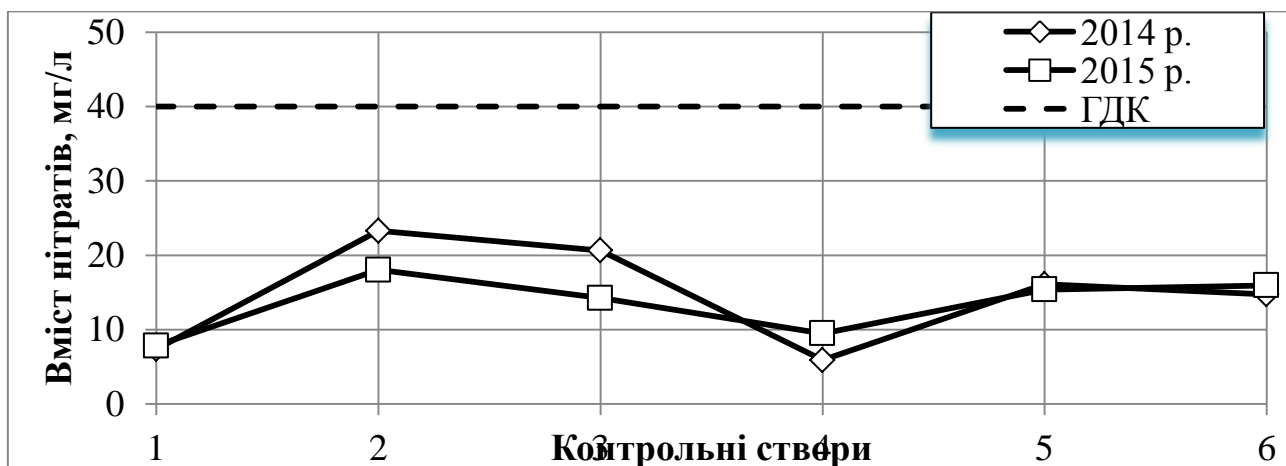


Рисунок 9.4 - Профілі зміни концентрації нітратів у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.

Слід зауважити, що концентрація нітратів на всьому профілеві Західного Бугу в границях Львівської області не перевищує ГДК. Збільшення концентрації нітратів у 2 контрольному створі імовірно пов'язане із доокисненням іонів амонію, які потрапляють в Західний Буг із Полтви. Із графіків чітко видно покращення ситуації із забрудненням Львівськими міськими спорудами Західного Бугу в 2015 році – концентрація нітратів в 2 створі зросла значно менше, ніж в 2014 році. Із доокисненням іонів амонію пов'язане також підвищення концентрації нітратів у 5 та 6 створах (саме на цих створах спостерігалось підвищення концентрації іонів амонію внаслідок потрапляння у Західний Буг недостатньо очищених каналізаційних стоків Сокальського - Червоноградського міського конгломерату.

На рис.9.5 представлені профілі зміни концентрації розчиненого кисню у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках

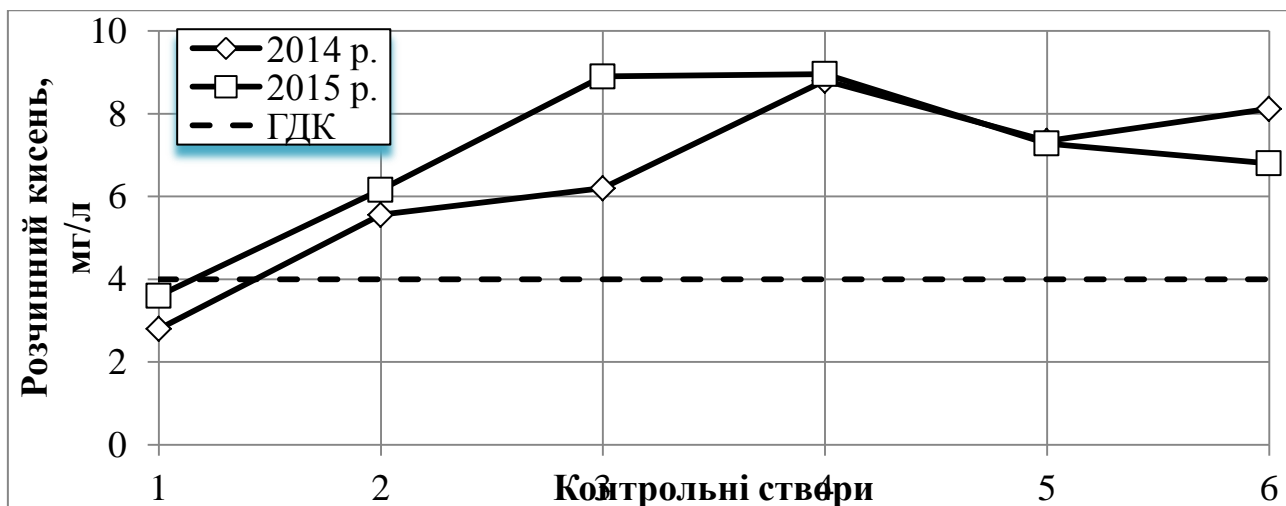


Рисунок 9.5 - Профілі зміни концентрації розчиненого кисню у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.

Представлені на рис.9.5 дані свідчать про достатню кількість розчиненого кисню (вище ГДК) на всьому профілі Західного Бугу в границях Львівської області (за винятком 1 створу). Нижчі ГДК значення концентрації розчиненого кисню в 1 створі свідчать про часткове перенесення зони аерації та окиснення іонів амонію і органічних забруднень із Львівських міських каналізаційних очисних споруд у Західний Буг – аж до 3 створу. Витратою розчиненого кисню на до окиснення іонів амонію, що потрапляють у Західний Буг із не доочищеними стоками Сокальсько - Червоноградського міського конгломерату пов'язана поява екстремуму на 5 контрольному створі.

На рис.9.6 представлені профілі зміни концентрації фосфатів у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках

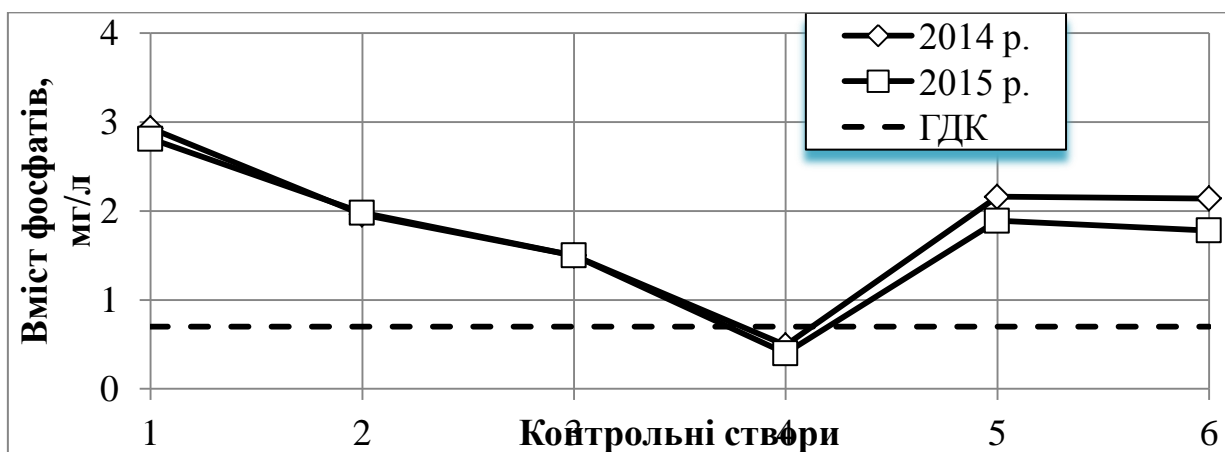


Рисунок 9.6 - Профілі зміни концентрації фосфатів у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.

Представлені дані свідчать про перевищення ГДК щодо вмісту фосфатів практично на всьому профілю Західного Бугу. Оскільки на Львівських каналізаційних очисних спорудах (як і на всіх очисних спорудах України) не передбачене очищення від сполук фосфору, всі фосфати із побутових стоків потрапляють через Полтву у Західний Буг, і на першому контрольному створі їх концентрація їх приблизно у 4 рази перевищує ГДК. Далше в процесі біорозкладу в природних умовах концентрація фосфатів монотонно знижується до 4 контрольного створу, і знову зростає на 5 створі після потрапляння у Західний Буг побутових стоків Сокальсько - Червоноградського міського конгломерату.

На рис.9.7 представлені профілі зміни концентрації заліза у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.

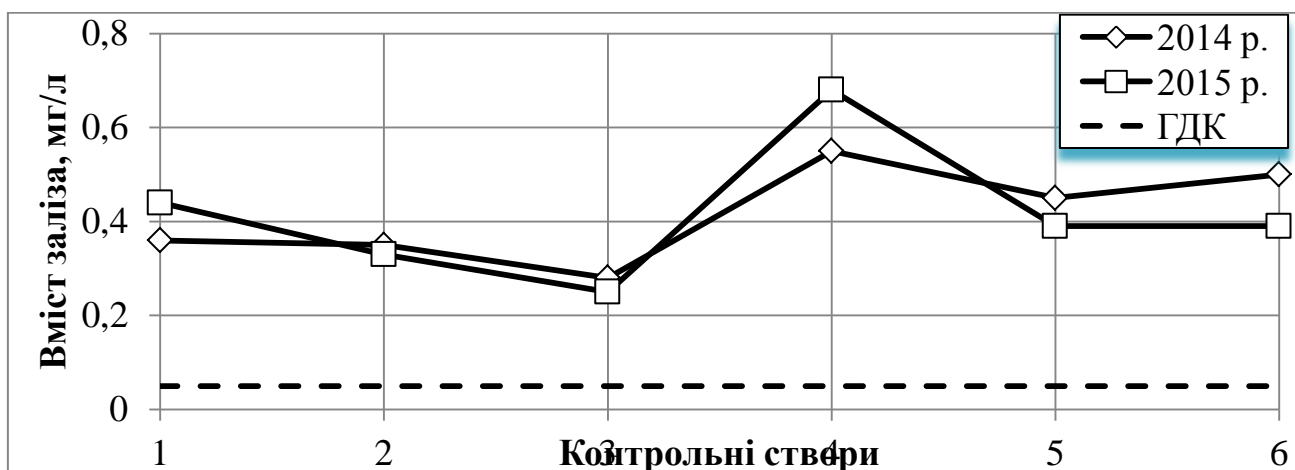


Рисунок 9.7 - Профілі зміни концентрації заліза у Західному Бугу в границях Львівської області в 2014 і 2015 роках.

На всьому профілю Західного Бугу концентрація заліза вища ГДК у десятки разів. Але на відміну від попередніх забруднень екстремуми його концентрації пов'язані не із випуском не доочищених побутових стоків, а скоріше всього із виробничими стічними водами (що ясно видно відношення екстремуму на 4 контрольному створі до зон розвитку промисловості).

10. Аналіз основних джерел екологічної небезпеки гідроекосистеми Західного Бугу

Забруднення басейну Західний Буг відбувається внаслідок скидання неочищених господарсько-побутових стічних вод за рахунок неефективної роботи очисних споруд каналізації в містах області, або їх недостатньої потужності.

Приведені дані моніторингу показали, що неефективно працюють очисні споруди в м. Львів, м. Буськ, м. Кам'янка-Бузька, м. Сокаль, м. Соснівка, м. Гірник, м. Рава-Руська, м. Великі Мости. Відносно ефективно працюють очисні споруди Добротвірської ТЕС, Золочівводоканалу та Рава-Руського шпалопросочувального заводу.

Проведений аналіз із використанням даних моніторингу, показав, що у верхів'ї Західного Бугу, пункті с. Верхобуж вода задовольняє вимогам якості: БСК₅ – 2,24 мг/л; азот амонійний – 0,279 мг/л; розчинений кисень – 7,6 мг/л, висока прозорість.

Перше забруднення органічними речовинами по БСК та азоту амонійному фіксуються нижче течії в районі м. Буська: підвищується біологічне споживання кисню майже в 1,5 рази, завислі речовини – в 2 рази, азот амонійний - в 2,5 рази. Знижується розчинений кисень. Причиною є річка Золочівка – притока р. Західний Буг, яка впадає в цьому районі. Очисні споруди м. Золочів перевантажені, потребують реконструкції.

Великої шкоди басейну Західного Бугу завдає ще одна притока – річка Полтва, яка додатково вносить в ріку до 15120 тис.м³/рік забруднених стоків м. Львова. Ріка Полтва в межах міста Буська (2 км вище гирла має БСК₅ середньому 7,14 мг/дм³, що перевищує ГДК в 3,16 рази, азот амонійний має перевищення в 5,4 разів, завислі речовини – в 4 рази, вода має низьку прозорість. Після впадіння р. Полтва на протязі десятків кілометрів до створу 0,5 км нижче м. Кам'янка-Бузька якість води негативна для будь-яких потреб.

Помітне покращення якості води спостерігається в створах нижче Добротвірської ТЕС, вище м. Сокаля і с. Литовеж (Нововолинський міст). До

межі з Волинською областю спостерігається стабільність щодо вмісту органічних та завислих речовин.

Важливою характеристикою антропогенного навантаження на водні ресурси є надходження стічних вод в русла річок. В основному скиди води в річкову мережу басейну Західного Бугу знаходяться в межах 15–30% фактичного забору води з ріки, а в басейнах рік Золочівка, Полтва, Солокія величина об'єму стічних вод близька до фактичного забору води з ріки або перевищує його. Майже в 49 разів об'єм води, що надходить в русло р.Полтви, перевищує фактичний забір з ріки, а за величиною він дорівнює стоку ріки в маловодний рік 75%-ної забезпеченості. Значний об'єм стічних вод проходить очищення і до русел потрапляє більша частина нормативно очищених вод. Все це беззастережно свідчить про значний вплив антропогенного навантаження на водні ресурси річок басейну Західний Буг.

Скид неочищених та недостатньо очищених комунальних та промислових стоків відбувається через фізичний та моральний знос очисних споруд та відсутність коштів на їх будівництво, ремонт та реконструкцію. Внаслідок тривалої експлуатації без необхідного поточного ремонту систем водопостачання та каналізації більшість водопровідно-каналізаційних господарств області перебувають в незадовільному технічному стані, який постійно погіршується, частина з них є в аварійному стані.

Суттєвий вклад у забруднення поверхневих вод вносить приватний сектор. Складається парадоксальна ситуація: покращення водопостачання приватного сектору в містах та селах погіршує санітарний та екологічний стан річок через прихований скид стічних вод безпосередньо в річки. Загальна суми скидів у поверхневі водойми недостатньо очищених стічних вод на 2015 рік становить 171,971 млн.куб.м.

Значної шкоди природному середовищу, зокрема водним ресурсам, завдає видобуток вугілля в районі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Загрозливого стану набула ситуація, пов'язана з підтопленням с.м.т. Гірник. Підйом рівня ґрунтових вод, просадки земної поверхні, внаслідок підробки

гірничими роботами шахти №3 “Великомостівська” Західно-Української холдингової компанії, призвели до руйнування дренажної та каналізаційної системи с.м.т. Гірник, очисних споруд, руйнування комунального та індивідуального житлового фонду, виникненню заболочення територій.

11. Ідентифікація джерелам забруднень гідроекосистеми Західного Бугу перспективних технологічних та управлінських заходів для мінімізації екологічної небезпеки

Аналізуючи дані моніторингу забруднень гідроекосистеми Західного Бугу, дані аналізу основних джерел екологічної небезпеки та сучасного стану екологічної небезпеки в гідроекосистемі Західного Бугу, можна виділити такі основні джерела забруднень:

1. Недостатньо очищені муніципальні стоки очисних споруд населених пунктів басейну Західного Бугу.

2. Органічні забруднення невеликих підприємств переробної промисловості (виробництва олії, соків, пива, переробки молочних продуктів і т.п.), у яких відсутні зовсім або встановлені малоефективні очисні споруди.

3. Неочищені шахтні води.

4. Дифузійні забруднення внаслідок екологічно небезпечної господарської діяльності населення в басейні Західного Бугу (розораність та забудованість в межах водоохоронних зон, забруднення залишковими, незасвоєними сільськогосподарськими рослинами мінеральними добривами).

5. Забруднення важкими металами внаслідок недостатнього очищення стоків спеціальних видів господарської діяльності.

Забруднення гідроекосистеми Західного Бугу стоками невеликих підприємств переробної промисловості, що містять в основному органічні забруднення, можна мінімізувати шляхом встановлення локальних очисних споруд, які б забезпечили ефективне очищення від органічних забруднень, і одночасно відповідали б ряду додаткових критеріїв:

– були недорогими у виконанні та експлуатації;

- були відносно простими в управлінні;
- дозволяли ефективно проводити очищення забруднених органічними забрудненнями стоків за умови зміни в широких масштабах концентрації забрудників.

Звичайно найбільш ефективним методом очищення таких стоків були б біологічні методи, проте вони не відповідають приведеним вище критеріям, тому, як показує досвід, застосування їх для очищення стоків такого характеру на ряді підприємств привів до загибелі біокультури, внаслідок чого ефективність очищення знизилась до нуля. На нашу думку ефективним методом очищення таких стоків можуть бути реагентні методи, які відповідають приведеним вище критеріям і дозволяють забезпечити ефективне очищення.

Щодо такого важливого для гідроекосистеми Західного Бугу забруднювача, як неочищені шахтні води, то необхідно зауважити, що в останній час значну увагу дослідженню оптимальних технологій очищення шахтних вод приділяло ряд дослідників наукових шкіл Миколи Гомелі, Мирослава Мальованого та деяких інших дослідників. Існує цілий ряд технологічних рішень, застосування яких дозволить мінімізувати це джерело забруднень басейну Західного Бугу.

Щодо дифузійних забруднень внаслідок екологічно небезпечної господарської діяльності населення в басейні Західного Бугу, то слід зауважити, що мінімізація забруднень гідроекосистеми Західного Бугу від цього джерела може бути досягнута у випадку впровадження системи технічних рішень (створення буферних зон між агроекосистемами та руслом річки шляхом впровадження системи зелених насаджень), системи нормативних дій з ціллю контролю за дотриманням населенням екологічного законодавства та системи виховної та консультаційної діяльності з ціллю підвищення рівня екологічної свідомості населення, яке проживає в басейні Західного Бугу.

Забруднення важкими металами можна мінімізувати шляхом встановлення локальних очисних споруд, які б забезпечили ефективне очищення від важких металів. Найбільш ефективним і простим у виконанні для невеликих підприємств є впровадження реагентного методу очищення шляхом утворення нерозчинних сполук металів – забруднювачів із подальшим їх осадженням і виведенням із системи. Найбільш поширеними методами реагентного осадження є використання вапна (із утворенням нерозчинних гідроксидів) та сульфідів або полісульфідів натрію (із утворенням нерозчинних сульфідів важких металів). У першому випадку відбувається вторинне забруднення води іонами кальцію, другий метод на нашу думку є перспективним і дозволяє досягти більшого ступеня очищення, що підтверджується даними інших дослідників.

ВИСНОВКИ

Річка Західний Буг відноситься до двадцяти найбільших річок України і є єдиною рікою, яка впадає в Балтійське море. Ріка Західний Буг потрапила у перелік 5 найбільш забруднених річок України. Виходячи із основних джерел забруднення річки Західний Буг, основними видами забруднень є ті ж, які характерні і для господарсько-побутових стічних вод та інфільтратів сміттєзвалищ: амоній, нітриту та нітрати, фосфіати, органічні забруднення та важкі метали. Найбільше у недостатньо очищених господарсько-побутових стоках, що потрапляють в Західний Буг міститься сполук азоту (амоній, нітриту і нітрати), фосфору та калію. Потрапляючи у поверхневі водойми вони спричиняють бурхливий розвиток рослин та збільшення чисельності зоопланктону. Як наслідок, відбувається евтрофікація, різко знижується кількість кисню та прозорість води.

В результаті проведених досліджень проведений аналіз основних джерел екологічної небезпеки гідроекосистеми Західного Бугу, встановлено, що в значній мірі забруднення басейну Західний Буг відбувається внаслідок скидання неочищених господарсько-побутових стічних вод за рахунок неефективної роботи очисних споруд каналізації в містах області, або їх недостатньої потужності. Однією з причин незадовільного стану вод є самовільний скид у водойми неочищених стоків. Суттєвий вклад у забруднення поверхневих вод вносить приватний сектор. Проте найбільшим забруднювачем залишаються каналізаційні очисні споруди м. Львова, із яких через р. Полтву – притоку Західного Бугу недостатньо очищені стоки потрапляють у р. Західний Буг.

Проведений аналіз стану екологічної небезпеки від забруднення поверхневих вод в басейні Західного Бугу. Проаналізовано якість води в р. Західний Буг та тенденцію змін показників якості у шести створах Західного Бугу в границях Львівської області. . Встановлено, що найбільший коефіцієнт забрудненості характерний для місця впадіння в Західний Буг р. Полтви, в подальшому внаслідок самоочищення значення цього коефіцієнту по профілю ріки

монотонно спадає. Внаслідок впадання у Західний Буг недостатньо очищених побутових стоків Сокальсько - Червоноградського міського конгломерату у цьому районі значення коефіцієнта забруднення зростає.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України. – К.: Знання. – 2003. – 479 с.
2. Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К., Манченко А. П. Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України. — К.: Ніка-Центр, 2006. — 184
3. <http://zbbuvr.gov.ua/>
4. Вознюк С.Т., Вознюк Н.М. Характеристика і продуктивність ґрунтового покриву Західного Полісся України і суміжних Поліських територій // Вісник Львівського університету – Вип. 25. – Львів, 1999. – с. 3-4.
5. Вознюк Н.М. Оцінка придатності поверхневих вод р. Західний Буг і її приток для різних видів водокористування // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП). – Рівне, 2006. – Вип. 1(33). – с. 3-8.
6. Вознюк Н. М. Оцінка екологічного стану української частини басейну ріки Західний Буг : Автореф. дис... канд. с.-г. наук / Н. М. Вознюк; Держ. агрокол. ун-т. - Житомир, 2006. - 19 с.
7. Бабич М. Водогосподарський комплекс України, проблеми та шляхи вирішення / М. Бабич // Вода та довкілля : матеріали наук.-практ. конф. ГУ Міжнар. водного форуму “AQUA UKRAINE - 2006”. - К. : Міжнар. виставковий центр, 2006. - С. 10-11.
8. <http://gntb.gov.ua/files/conf08/zak.pdf>
9. Тимошенко С., Пономаренко О. Управління водним господарством України: шляхи вдосконалення//Водне господарство України. — 2004. — № 5-6. — С. 9 - 14.
10. <http://www.apdp.in.ua/v25/96.pdf>
11. <http://www.old.niss.gov.ua/monitor/januar2009/18.htm>
12. Сташук В. А. Розвиток системи інтегрованого управління водними ресурсами України. Водозабезпеченість України та основні проблеми / В. А. Сташук // Вода та довкілля : матеріали наук.-практ. конф. IV Міжнар.

- водного форуму “AQUA UKRAINE - 2006” 3 - 6 жовтня 2006. - К. : Міжнар. виставковий центр, 2006. - С. 9.
13. Дубняк С.С. Оцінка водного режиму і пропускної здатності верхньої ділянки Канівського водосховища в умовах інтенсивної урбанізації // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: Наук. збірник. – К.: ВГЛ „Обрії”, 2004. – Том 6. – С.145-158.
 14. Яцик А. Поступ України до інтегрованого управління водними ресурсами /А. Яцик // Вода та довкілля : матеріали наук.-практ. конф. IV Міжнародного водного форуму “AQUA UKRAINE - 2006” 3 - 6 жовтня 2006 р. - К. : Міжнар. виставковий центр, 2006. - 288 с. - С. 12-14.
 15. <http://www.volynpost.com/news/17733-zahidnyj-bug--u-top-5-najbrudnishyh-richok-ukrainy>
 16. Койнова І.Б. Геоекологічні наслідки роботи комунального господарства в басейні річки Західний Буг / І.Б.Койнова // Людина та довкілля. Проблеми неоекології, № 3-4, 2015. – С.96-102
 17. Bilyk G., Koynova I. Impact of the municipal waste dumps on the ecosystem of the Western Bug river within Lviv district / G. Bilyk, I. Koynova. // Problems of water protection in the Bug and Narew river catchments / Monograph, Warszawa – 2009. – P.107-114.
 18. Kojnowa I. Stan ekologiczny oraz wykorzystanie zasobow wodnych Bugu Zachodniego/ I. Kojnowa. // Zlewni rzek Bugu i Narwi zasoby wodne i przyrodnicze: Monografia, Warszawa, 2007. – P.27-34.
 19. Koynova I. Ecological threats to the valley of the Bug river (Lviv region)/ I. Koynova, I. Rozhko, N. Blazhko. // Natural Human Environment. Dangers, protection, education / Monograph, edited by Kazimierz H. Dygus. – Warszawa, 2012. – P.55-64.
 20. Тарнижевский М.В. Жилищно-коммунальное хозяйство / Тарнижевский М. В. – М.: Стройиздат, 1989. – 248 с.

21. [Медичний портал MedicLab](http://mediclab.com.ua/index.php?newsid=13091) (Medical information portal): електронний ресурс / Режим доступу: <http://mediclab.com.ua/index.php?newsid=13091>
[Походження, властивості і склад господарсько-побутових стічних вод.](#)
22. Сухарев С.М. Основи екології та охорони довкілля: навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / С.М. Сухарев, С.Ю. Чундак, О.Ю. Сухарева. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 394 с.
23. OECD ENVIRONMENTAL OUTLOOK TO 2030 ISBN 978-92-64-04051-9. – 2008.: електронний ресурс / Режим доступу: <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40204814.pdf>.
24. Бабенко Т.В. Системи водопостачання населених пунктів України/ Т.В. Бабенко, Ю.В. Почта // Науковий вісник НГУ «Екологічна безпека. Охорона праці» № 2, 2012. – С. 105-108.
25. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство : [Електронний ресурс] підручник для студ. та викладачів вищих навч. закладів агроном. спец. / Віктор Олександрович Ушкаренко. – К.: Урожай, 1994. – 326 с. – Режим доступу до підручника: <http://buklib.net/books/34325/>.
26. Саблій Л. А. Сучасні біотехнології видалення азоту із стічних вод / Л.А. Саблій, В.С. Жукова // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. – Рівне, 2010. – Вип. 1 (49) : Технічні науки. – С. 25-31.
27. Саблій, В.С. Жукова // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. – Рівне, 2010. – Вип. 1 (49) : Технічні науки. – С. 25-31.
28. Козар М. Ю.Ефективність біологічного видалення сполук фосфору із стічних вод в різних кисневих умовах / М.Ю.Козар, Л.А.Саблій // Журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія», —2012. —No2. — С. 104-108.
29. Петрушка І.М. Перспективи очищення водного середовища для забезпечення безпеки водноресурсного потенціалу в системі ресурсозберігаючих технологій/ І.М. Петрушка, І.З. Крет, К.І. Петрушка

- //Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Логістика», 2015. – С. 72-81.
30. Петрушка І.М. Математичне моделювання ресурсозберігаючих технологій очищення стічних вод / І.М. Петрушка, О.І. Мороз, К.І. Петрушка // Актуальні проблеми економіки 2016.– №4 (178). – С. 433 –439.
31. Petrushka K. Methods of salt content stabilization in circulating water supply systems /V. Shmandiy, L. Bezdeneznych , O. Kharlamova , A. Svjatenko , M. Malovanyu , K. Petrushka , I. Polyuzhyn. // Chemistry & chemical technology 2017.- Vol. 11, No. 2, pp. 242–246.
32. Перспективи використання електродіалізу для очищення шахтних вод» / М.С. Мальований, К.І. Петрушка // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х.: НУЦЗУ – 2015. – С.129.
33. Монгайт И.Л. Очистка шахтных вод / И.Л. Монгайт, К.Д. Текиниди, Г.И. Николадзе. – М.: Недра, 1978. – 173 с.
34. Kin T. Materials Science of Syntetic Membranes ACS, Washington. 1985. – P.365-405.
35. Basta N. Use electro dialytic membranes for waste recovery / Chem. eng., 1986. – 93, № 5. – P. 42-43.
36. Мазанко А.Ф, Камарьян Г.М., Ромашин О.П. Промышленный мембранный электролиз. / А.Ф. Мазанко, Г.М. Камарьян, О.П. Ромашин // – М.: Химия, 1989. – 237 с.
37. Шаблій, Т. О. Вилучення іонів міді з води теплообмінних циркуляційних систем [Текст] / Т. О. Шаблій // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – Т. 3., № 8 (45). – С. 10–13.
38. Филипчук В. Л. Очищення багатокomпонентних металомішуючих стічних вод промислових підприємств: Монографія / Филипчук В. Л. – Рівне : УДУВГП, 2004. – 232 с.