

В.І. Кашковський, В.О. Євдокименко, Д.С. Каменських, О.М. Євдокименко

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України, Київ

СПОСІБ ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ СТИЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ GEOTUBE НА БОРТНИЦЬКІЙ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ



Робота присвячена вирішенню важливої екологічної та соціальної проблеми — зневодненню осадів стічних вод за допомогою елементів технології GeoTube. В лабораторії ІБОНХ НАНУ відпрацьовано динаміку зневоднення різних за природою осадів. Розроблено та створено пілотну установку — фільтрувальний модуль, який розміщено у резервуарі Бортницької станції аерації, куди подається аеробно-стабілізований мул, оброблений флокулянтом Praestol 859 BS, і надмулова вода із мулових майданчиків. Установка може використовуватися для зменшення навантаження на мулові майданчики, очищення зворотної надмулової води та зневоднення накопичених мулів.

Ключові слова: стічні води, осади, технологія, зневоднення, геотканина, мулові майданчики.

Збір та знешкодження осадів, отриманих при очищенні стічних вод різної природи і походження, в тому числі комунальних стічних вод, потребують, як правило, залучення значних коштів, людських ресурсів, високотехнологічного обладнання тощо. З іншого боку, такі осади — це величезне і практично ще не задіяне джерело, яке при науково-обґрунтованому підході може стати серйозним підґрунтям для одержання електричної та теплової енергії або органічних чи органо-мінеральних добрив. Обробка осадів складається з таких стадій: *стабілізація, кондиціонування, зневоднення, загущення, незараження, переробка*. Проблеми осадів відведено досить багато уваги [1–17].

Для осадів, які утворюються на очисних спорудах населених пунктів, характерні низькі показники водовіддачі, що утруднює їх інтенсивне зневоднення. Для поліпшення водовіддачі структура осаду повинна бути змінена таким

чином, щоб у результаті укрупнення твердих частинок відбулося зменшення поверхні розділу дисперсної фази і дисперсного середовища і, відповідно, знизилась поверхнева енергія зв'язку води з твердими частинками. Зміна структури осаду супроводжується кількісним перерозподілом форм зв'язку води в напрямку збільшення вмісту вільної води за рахунок частки зв'язаної. Така зміна структури осадів дозволяє досягати більш глибокого і швидко їх зневоднення.

Першою стадією в технологічній схемі процесу переробки осадів є стадія ущільнення (загущення), направлена на видалення вільної вологи. При ущільненні видаляється в середньому до 60 % вільної вологи, а маса осаду скорочується у 2,5 рази. Для практичної реалізації цієї стадії застосовують *гравітаційний, флоутаційний, центробіжний, вібраційний, фільтраційний* методи, а також їх комбінацію [1]. Гравітаційне ущільнення, яке є найбільш простим і економічним способом, застосовують для надлишкового мулу і зброджених осадів.

Процес проводять у вертикальних або радіальних відстійниках протягом 4–24 год, а ущільнені осадки мають вологість 85–97 %. В окремих випадках процес ущільнення інтенсифікують коагулюванням, перемішуванням, сумісним ущільненням різних видів осадків, нагріванням їх до 80–90 °С.

Ущільнення осадків методом флоатації (переважно напірної) відбувається в результаті прилипання частинок активного мулу до повітряних пухирців з наступним спливанням разом з ними на поверхню. Процес флоатації відбувається швидше гравітаційно і ним можливо керувати.

Для інтенсифікації процесу ущільнення в технологічну схему часто включають стадію кондиціювання осадків, суть якої зводиться до зміни структури і форми зв'язку води. Як результат, осадок краще віддає воду, тобто він краще зневоднюється. Кондиціювання проводять як реагентними, так і безреагентними методами. У першому випадку суспензію обробляють реагентами з коагулюючими або флокулюючими властивостями, що забезпечує укрупнення тонкодисперсних і колоїдних частинок, утворення великих пластівців і швидке їх осадження. Менш поширені методи — теплова обробка, заморожування/розморожування, електрокоагуляція, радіаційне опромінення, — але вони теж ефективно сприяють подальшому зневодненню осадків.

Найбільш поширеним на сьогодні методом зневоднення осадків є застосування спеціального обладнання, як то: вакуум-фільтри, центрифуги, фільтри-преси, вібропреси. Найчастіше застосовують центрифуги, а із фільтрів — вакуум-фільтри, на яких можна обробляти практично будь-які види осадків з попереднім їх кондиціюванням неорганічними коагулянтами. Ще однією важливою перевагою такого обладнання є можливість обробки осадків без виділення піску і поширення смороду. Водночас слід враховувати, що для нормальної роботи вакуум-фільтрів необхідне допоміжне обладнання: вакуум-насоси, повітродувки, ресивери, центробіжні насоси. Досить тривала ек-

сплуатаційна практика таких апаратів виявила низку недоліків — складність та висока вартість обслуговування, значні витрати реагентів (до 20 % маси сухої речовини осадку), мала питома потужність [8]. Більш прогресивними є технології зневоднення на осаджувальних шнекових центрифугах, стрічкових, рамних і камерних фільтр-пресах. Безсумнівним прогресом стало і застосування для кондиціювання осадків синтетичних органічних флокулянтів [9]. Загально визнаною перевагою методів механічного зневоднення є швидкість фільтрувального циклу при суттєвому зменшенні об'єму вихідного шламу завдяки низькій вологості отриманого кеку. З іншого боку, для типових мобільних установок по механічному зневодненню характерні невисокі потужності для реалізації масштабних робіт по утилізації значної кількості накопичень, що потребує значної кількості відповідного обладнання. Це, зазвичай, є економічно і технологічно недоцільним кроком. До того ж можливі часті простой обладнання через абразивне зношування рухомих частин, а відтак — постійний технологічний контроль і оперативні зміни режимів роботи обладнання при зміні складу і характеристик вихідного матеріалу. В свою чергу, зневоднений осадок потребує оперативного вивезення для складування або подальшої переробки, тим більше, що його зберігання на відкритих майданчиках буде супроводжуватися повторним обводненням атмосферними опадами.

Співставлення існуючих підходів до механічного зневоднення осадків свідчить про те, що кожен із розглянутих вище методів має як певні переваги, так і певні недоліки. Вибір будь-якого з них повинен враховувати, насамперед, всю технологічну схему обробки і утилізації осадків, а також режим роботи споруд по очищенні стічних вод. Якщо зневодненню підлягає зброжений в термофільних умовах осадок з наступною його утилізацією як добрива, то доцільно застосовувати центрифуги або стрічкові фільтр-преси з флокулянтами. Таке обладнання ефективно також і на очисних спо-

рудах потужністю до 100 тис. м³/добу з наступним компостуванням. Якщо передбачено спалювати осади, то перед їхнім зневодненням рекомендовано використовувати камерні або рамні фільтр-преси.

Мулові майданчики в залежності від ступеню залучення природних процесів поділяють на дві основні категорії: *зневоднення в природних умовах* і *в умовах інтенсивного зневоднення*. Перший варіант передбачає перебування осадів в умовах природних процесів випарювання і декантації, тобто осад знаходиться на майданчиках з поверхневим відводом води або на майданчиках-ущільнювачах. У другому варіанті застосовують спеціально виготовлені майданчики зі штучним дренажем, підігрівом, можливістю створення вакууму в дренажній системі, штучним водонепроникним покриттям. Ніяких постійних критеріїв, регламентуючих вибір того чи іншого варіанту, не існує. Все визначається місцевими чинниками — кліматичними умовами, територіальними і енергетичними можливостями очисних споруд, їхнім фінансовим станом тощо. Розміри майданчиків і кількість випусків на них осадів визначають, виходячи із вологості осадів, дальності його розливу, способу утилізації після підсихання.

Мулові майданчики інтенсивного зневоднення і висушування розділяють на *традиційні* — з вертикальним і горизонтальним дренажем і *удосконалені* — зі створенням вакууму в дренажній системі, штучним водонепроникним покриттям з повітряною продувкою. І нарешті, майданчики каскадного типу з природною основою і поверхневим відводом води через колодязі-монахи в торцевій частині споруди відносять до *мулових майданчиків перехідного типу*, які будують з метою одержання чистого фільтрату і підвищення швидкості зневоднення. Очевидно, що зневоднення осадів на мулових майданчиках несе загрозу вторинного забруднення, потребує значних капітальних витрат і великих площ під розміщення. Для великих міст з розвинутою інфраструктурою застосування процесів природного зневод-

нення визнано нераціональним як з економічної, так і з екологічної точки зору. Для ефективного вирішення проблеми осадів необхідно втілювати сучасні, прогресивні методи.

Гравітаційне зневоднення — це найпростіший і дешевий спосіб. Зневоднений осад поступає на мулові майданчики (за відсутності методів його повної утилізації), облаштовані дренажною системою. Утворена вільна вода повертається на очисні споруди, а осад стає більш зручним для транспортування і подальшої роботи з ним. Водночас даний метод не забезпечує суттєвого зменшення вологи, а зворотні води містять значну кількість зважених речовин, що є додатковим навантаженням на систему очищення і призводить до вторинно-го зашламлення накопичувачів відходів.

Зовсім інша картина спостерігається у випадку застосування гравітаційної технології Geotube, яка дозволяє оперативніше зневоднити великі об'єми накопичених відходів, значно більші у перерахунку на однаковий час порівняно з будь-яким із відомих механічних методів (рис. 1). При цьому потужність зневоднювального комплексу завжди відповідає потужності насосного обладнання, а утворена в процесі зневоднення вода містить незначну кількість механічних суспендованих частинок. Робочі контейнери виготовляють із фільтрувального геотекстильного матеріалу високої міцності. Унікальні фільтраційні характеристики і стримувальна здатність контейнерів забезпечує безпрецедентну потужність без значних капітальних затрат. Означену технологію було розроблено голландською компанією TenCate Geosynthetics ще у 80-х роках минулого сторіччя і орієнтовано, головним чином, на будівництво гідротехнічних споруд, дамб і захисних загорож. І лише згодом її функціональні можливості було поширено на процеси зневоднення різних об'єктів [18–25].

Для зневоднення великих об'ємів осадів (при очищенні від донних відкладень шламонакопичувачів, мулових майданчиків, ставків, озер та ін.) застосовують спеціальні контейнери об'є-

мом від 28 до 1500 м³, які виготовляють із геотекстильного фільтруючого матеріалу. Процес зневоднення відбувається шляхом подачі обробленого розчином флокулянта осаду в контейнер і його фільтрування через фільтруючий матеріал. Контейнери встановлюють на відкритих площадках і обладнують системою відведення фільтрату. Після їх повного заповнення осад підлягає дозневодненню за рахунок сушіння в природних умовах влітку або виморожування взимку. Зневоднений осад із контейнера виводиться на утилізацію одним із відомих методів (наприклад, газифікацією). Застосування контейнерів — разове.

Технологія зневоднення Geotube (Geotube Dewatering) має низку беззаперечних переваг:

- ✦ різке скорочення площ промислових майданчиків у порівнянні з використанням мулових майданчиків, а також можливість багатоповарового розміщення контейнерів Geotube, що дозволяє мінімізувати витрати на дренажний майданчик і розмістити високопродуктивний технологічний комплекс у територіально обмежених умовах;
- ✦ швидке зведення і ліквідація промислового майданчика для виконання робіт;
- ✦ незмінна відповідність продуктивності зневоднювального комплексу продуктивності засобів гідромеханізації;
- ✦ несприйнятливості процесу до абразивного зносу і розміру частинок механічних включень у пульпі, яка подається на зневоднення;
- ✦ можливість зневоднення за місцем наступного складування зневодненого матеріалу;
- ✦ відсутність складного обладнання і проста управління процесами наповнення, відводу і утилізації осадів;
- ✦ незначні фінансові витрати;
- ✦ властивість матеріалу тканини швидко пропускати воду і затримувати тверді частинки;
- ✦ в процесі експлуатації не потрібні витрати на запчастини і фільтрувальні тканини;
- ✦ собівартість зневоднення в контейнерах-геотубах на 20–30 % нижча у порівнянні з апаратурним оформленням;



Рис. 1. Каскадне розміщення контейнерів Geotube

- ✦ передозування або недоозування кондиціонуємого реагента (флокулянту), збої в подачі пульпи суттєво не впливають на кінцеві показники зневоднення через достатній час перебування осаду в контейнері;
- ✦ оперативний монтаж і демонтаж виробничої інфраструктури будь-якої потужності;
- ✦ спланована ділянка без необхідності будувати капітальні споруди, оскільки вона слугує виробничим майданчиком;
- ✦ простота і естетичність технологічного процесу, відсутність складних елементів;
- ✦ безупинний режим процесу зневоднення — до повного витоку вільної води на фоні біостабілізації і геоконсолідації твердої фази;
- ✦ захищеність зневоднених осадів від вітрової і водної ерозії;
- ✦ низьке енергоспоживання для технологічного процесу.

Технологія наповнення Geotube — це перевірений економічний метод для реалізації цілого спектру завдань по укріпленню берегів і будівництву морських споруд, для спорудження тіла піщаних дюн, створення болотистих територій і формування інших природних ландшафтів, а також для спорудження молів, дамб, хвилерізів, підводних споруд. Технологія Geotube з успіхом застосовується для попередження збитків від штормів, захисту оточуючого середовища, будівництва різних гідроспоруд і навіть для будівництва штучних островів.

Технологія Geotube з успіхом використовується і в країнах СНД. Фірма «Адмір Євразія» запроєктувала і технологічно супроводжувала масштабний проект із застосуванням геотекстильних контейнерів Geotube для розчищення озера Комсомольське площею 30 га у м. Нижневартівськ (РФ). Робота була направлена на поліпшення екологічної обстановки на озері шляхом розчищення дна і його поглиблення із застосуванням технології зневоднення Geotube. Робота проводилася в декілька етапів. На першому етапі було підготовлено виробничу площадку, де розміщувалися контейнери для фільтрування, а другий етап передбачав розміщення контейнерів першого шару та монтаж магістрального і роздавальних трубопроводів, що забезпечують подачу пульпи від земснаряду до контейнерів. Коли контейнери першого шару було заповнено, на них розмістили другий шар, що дало можливість майже на 80 % скоротити територію для розміщення технологічного обладнання. Застосування означеної технології дозволило зневоднити донні осади практично за місцем їхнього залягання без транспортування і будівництва спеціальних споруд з цеховою інфраструктурою механічного зневоднення, а багнисте болото перетворити в чисту зону відпочинку [25].

Робота міських каналізаційних очисних споруд не обмежується лише очищенням стічних вод. Важливою передумовою їхнього ефективного функціонування повинна бути обробка і утилізація утворюваних при очищенні осадів. Якщо мова йде про мегаполіси, то, мабуть, недоцільно пропонувати для обробки осадів методи механічного зневоднення через окреслені вище проблеми. Це повною мірою відбулося на двох полігонах в Санкт-Петербурзі загальною площею 118,7 га — «Північний» і «Волхонка-2», на яких накопичилося 4,9 млн³ осаду, що означало заповненість до критичних відміток [12]. Після порівняння техніко-економічних обґрунтувань численних пропозицій стосовно обробки осадів перевагу надали технології статичного зневоднення складованого

осаду в геотубах. На даний час 7,9 % осаду, складованого на полігоні «Північний», оброблено за цією технологією, а до 2016 р. весь об'єм накопичених осадів передбачено обробити таким же чином, а це значить, що він не буде джерелом екологічної небезпеки.

Бортницька станція аерації (БСА) є єдиною очисною спорудою стічних вод м. Києва та прилеглих міст і селищ Київської області (Вишгород, Ірпінь, Вишневе, Бортничі, Гнідин, Щасливе, Чабани, Коцюбинське, Пухівка, Новосілки, Софіївська та Петропавлівська Борщагівка). Запроєктована і побудована в 60-і роки минулого століття БСА працює сьогодні в зоні постійного ризику виникнення техногенної катастрофи. Одна із причин катастрофічної ситуації на станції — величезні об'єми осадів на мулових картах, які переповнені понад критичні межі (за різними оцінками — 10–14 млн. т при трохи більше ніж 3 млн. т проєктної величини). Вся ця величезна маса утримується сьогодні загороджувальними дамбами, висоту яких вимушені постійно нарощувати через щодобове надходження зі станції аерації біля 10 000 м³ осадів. Періодичні локальні прориви цих дамб — сигнал можливого виникнення непоправної ситуації. Якщо врахувати перепад висот у 46 м між муловими картами і р. Дніпро, то наслідки у випадку виникнення такої ситуації уявити важко. Єдиним розумним шляхом її забезпечення є негайна переробка осадів. Першим кроком на цьому шляху повинна стати розробка нового технологічного рішення зневоднення осадів БСА безпосередньо на самій станції з метою зменшення їхнього об'єму, а відтак — зменшення або повного виключення щодобового навантаження на мулові карти і подальша утилізація зневоднених осадів (наприклад, газифікацією). З урахуванням вищесказаного бачиться доцільним застосування в даних умовах і на даному етапі робіт відпрацювання ефективності елементів технології GeoTube. За існуючими оцінками означена технологія у порівнянні з іншими методами зневоднення має беззаперечні переваги, про які згадувалося вище.

Для розуміння ситуації з муловими картами нами проведено відбір проб осади́в з карти № 1 на відстані 20–25 м від дамби. Проби відбирали батометром з глибини 1, 2, 3 та 4 м і аналізували (визначали частку сухої речовини та кількість води) як у лабораторії БСА, так і в ІБОНХ НАН України. Одержані результати тотожні і наведені в табл. 1.

Таким чином, середня доля вологонасиченості відібраних осади́в становить 95,6 %. Це близько 11,5–13,4 млн. м³ води та 0,5–0,6 млн. м³ сухої речовини. Наведені значення, на нашу думку, відображують у цілому реальну картину, оскільки чекати різких коливань вмісту сухого залишку та води на інших мулових картах немає підстав. А це означає, що якщо реально понизити рівень дзеркала мулових карт на 1–2 м за рахунок видалення надлишку води, то це однозначно знизить ту напругу, яка є на сьогодні через їх надмірне переповнення.

Для напрацювання необхідних для подальшої роботи даних нами були проведені такі роботи:

- ✦ визначено ступінь зневоднення осади́в, взятих з мулових майданчиків БСА;
- ✦ створено низку лабораторних установок для дослідження зневоднення осади́в в статичних умовах за допомогою геотекстильного матеріалу Рівненської фабрики нетканних матеріалів за схемою *осад всередині контейнера → фільтрат з контейнера*;
- ✦ досліджено динаміку зневоднення сирого осаду БСА, обробленого флокулянтom Praestol 859 BS з використанням геоконтейнера;
- ✦ досліджено динаміку зневоднення сирого осаду БСА, обробленого флокулянтom Praestol 859 BS із визначенням максимальної продуктивності (завантаження) геоконтейнера;
- ✦ визначено залежність динаміки зневоднення сирого осаду БСА в геоконтейнері зі змінною концентрації флокулянтom Praestol 859 BS;
- ✦ досліджено процес зневоднення збродженого осаду БСА в геоконтейнері із викорис-



Рис. 2. Фото фільтрувального модуля пілотної установки

- танням залізо-титановмісного коагулянту;
- ✦ досліджено можливість використання геотекстильного контейнера для кондиціонування і ущільнення осаду за схемою *осад зовні контейнера → фільтрат в контейнер*;
- ✦ створено і апробовано лабораторну установку, працюючу за схемою *осад зовні контейнера → фільтрат в контейнер* із системою регенерації фільтрувальної тканини.

Для підтвердження експериментальних результатів, отриманих в лабораторії інституту та на території БСА із застосуванням геоконтейнерів як для прямої, так і для зворотної фільтрації, виникла необхідність підтвердити доцільність динамічного зневоднення осади́в на реальному об'єкті в часі. Для цього нами було розроблено пілотну установку, фільтрувальний модуль якої зображено на рис. 2.

Таблиця 1

Осад мулового майданчика БСА, відібраний з різної глибини

Глибина відбору проби, м	Сухий залишок, %	Кількість води, %
1,0	4,0	96,0
2,0	3,3	96,7
3,0	4,0	96,0
4,0	6,0	94,0

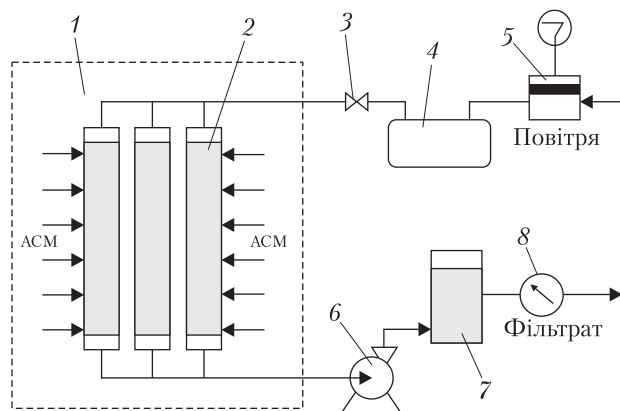


Рис. 3. Технологічна схема установки зневоднення суміші аеробно-стабілізованих мулів, оброблених флокулянтom Praestol 859 BS, і зворотної води з мулових майданчиків (далі АСМ): 1 – суміш АСМ; 2 – фільтруючий модуль; 3 – вентиль; 4 – ресивер; 5 – компресор; 6 – насос; 7 – буферна ємність; 8 – лічильник



Рис. 4. Розміщення фільтрувального модуля пілотної установки в резервуарі ЦАСО

Дослідження проводили згідно з розробленою технологічною схемою, наведеною на рис. 3.

Фільтрувальний модуль розміщували в резервуарі, в який подається аеробно-стабілізований мул, оброблений флокулянтom Praestol 859 BS, і надмулова вода із мулових майданчиків у співвідношенні приблизно 1 : 1 (далі резервуар ЦАСО) (рис. 4). Робочий стан фільтрувального модуля – повне занурення (рис. 5) Пілотна установка включає:

- ✦ фільтрувальний модуль із 12-и секцій (або елементів) на яких розміщено геотканину загальною площею 6 м² (загальний внутрішній об'єм модуля – 180 дм³);
 - ✦ вузол регенерації фільтрувального модуля, яка забезпечується дозуванням повітря всередину модуля під певним тиском із компресора;
 - ✦ вузол відбору фільтрату, який складається із відцентрового насоса та лічильника фільтрату;
 - ✦ лінію подачі повітря та відбору фільтрату, розподільчий вузол подачі повітря та відбору фільтрату по секціях фільтрувального модуля.
- Випробування пілотної установки по зневодненню осадів в динамічних умовах проведено в осінньо-зимовий період. У ході експерименту періодично відбирали фільтрат, фіксували його кількість за показаннями лічильника та відбирали проби на аналіз, що відображено в табл. 2.

По закінченню досліду по чергово в усі секції модуля подавали коротким імпульсом повітря (тиск 2 атм.). Цього вистачало для пов-

Таблиця 2

Характеристики фільтрату, отриманого в динамічних умовах за допомогою пілотної установки

Проба	ХСК, мг О ₂ /дм ³	Сухий залишок, мг/дм ³	Зважені речовини, мг/дм ³
Вихідний осад	9400	10500	9250
№1 (1 год)	980	1020	455
№2 (2 год)	480	650	280
№3 (3 год)	300	430	100
№4 (4 год)	240	745	42
№5 (5 год)	240	675	30

ної регенерації геотканини і відновлення її фільтрувальних властивостей. Установа працювала в цеху практично три місяці без втрати своєї продуктивності по очищеній воді ($\sim 50 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$).

На рис. 6 і 7 показано фільтрувальний модуль відповідно до і після регенерації, а на рис. 8 — процес відбору фільтрату.

Результати, отримані за допомогою пілотної установки, свідчать про реальну можливість покращення ситуації на БСА, критичність якої визначається, насамперед, надмірним переповерхненням мулових майданчиків. Кардинальне вирішення проблеми можливе за умов припинення діяльності станції, виділення території під будівництво нових мулових майданчиків, повного звільнення існуючих від накопичених осадів. Зрозуміло, що перший шлях не має жодних перспектив. Практично така ж ситуація існує і з виділенням додаткових площ: їх просто немає. Більш реально виглядає третій варіант, а його практична реалізація можлива, на наш погляд, лише за умов застосування технології GeoTube. Тим більше, приклад є — це очисні споруди Санкт-Петербурга (РФ) та Кишинєва (Молдова), про що повідомлялося вище.

Детальне вивчення ситуації привело до висновку про можливість розміщення за певних умов контейнерів GeoTube безпосередньо на території майданчиків. Для прикладу розглянемо контейнер з такими розмірами, м: висота — 2,6; ширина — 12; довжина — 60. Тобто такий контейнер здатний одноразово прийняти в середньому 1500 м^3 осаду. Якщо врахувати, що об'єм відфільтрованої води складатиме 75—80 %, то в контейнер такого розміру можна завантажити $7500\text{--}9500 \text{ м}^3$ осаду (прийемо для розрахунку 8500 м^3). Площа однієї карти полів фільтрації $200\,000 \text{ м}^2$, а об'єм при середній глибині 5 м — $1\,000\,000 \text{ м}^3$. Тобто на одній карті розміщено $1\,000\,000 \text{ м}^3$ осаду. Для того щоб перекачати таку кількість в геоконтейнери, їх необхідно мати 125 штук. Якщо планувати розміщення геоконтейнерів один на одному і таким чином, щоб по ширині карти розмістити

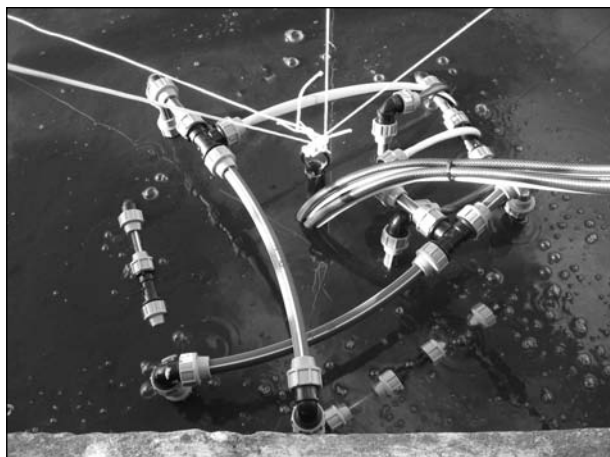


Рис. 5. Робочий стан фільтрувального модуля пілотної установки — повне занурення в резервуарі ЦАСО



Рис. 6. Фільтрувальний модуль, який підняли на поверхню резервуару ЦАСО після експлуатації без регенерації

6 штук і таких рядів буде, наприклад, 11, то для розміщення 125 контейнерів досить всього два шари загальною висотою трохи більше 5 м. При цьому буде задіяно територію у $50\,000\text{--}55\,000 \text{ м}^2$ від загальної площі карти у $200\,000 \text{ м}^2$, тобто трохи більше четвертої частини. Це цілком прийнятні цифри, якщо врахувати перспективу вивільнення $700\,000\text{--}750\,000 \text{ м}^3$ об'єму карти для подальшої роботи.



Рис. 7. Фільтрувальний модуль після регенерації

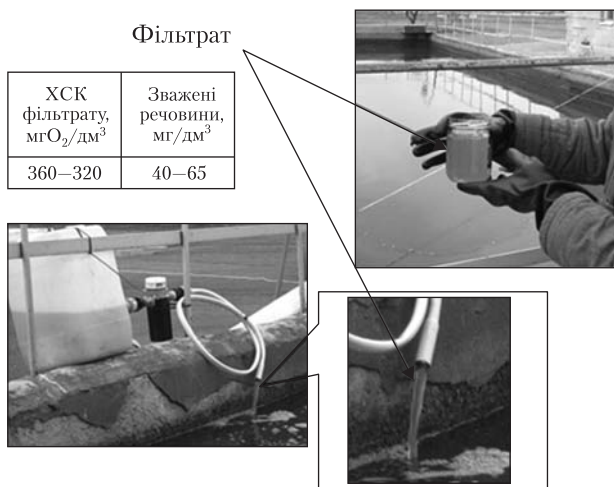


Рис. 8. Процес відбору фільтрату

Це приклад можливого застосування класичної технології GeoTube, тобто реалізація того варіанту, коли осад завантажують всередину геоконтейнера, а вода фільтрується через геотканину за межі контейнера. Безумовно, така схема потребує дренажної системи, яка б забезпечувала відбір відфільтрованої води з наступним її поверненням в голову процесу біологічного очищення стічних вод.

Самостійним рішенням, яке, на нашу думку, теж може суттєво нівелювати критичність ситуації, може стати технологія зниження рівня існуючого дзеркала мулових майданчиків, в основі якої лежить досвід роботи на окресленій вище пілотній установці. Ця пропозиція зводиться до розміщення в об'ємі накопиченого мулу спеціальної системи фільтрувальних модулів, сполучених з системами подачі повітря для регенерації фільтрувальної тканини і відкачування фільтрату із фільтруючих елементів. Як і в першому варіанті, передбачається повернення утвореного фільтрату через існуючий канал в голову процесу біологічного очищення стічних вод. Така система працює надзвичайно ефективно, не потребує складного обладнання, є простою в обслуговуванні, може легко бути змонтована за місцем роботи і так же легко демонтована.

Для попередніх розрахунків приймемо загальну площу фільтрувальної тканини (робоча частина фільтрувального модуля) в 1500 м². Тоді з урахуванням одержаної продуктивності пілотної установки 1,2 м³ х доба/м² промислова установка здатна продукувати щодоби до 1800 м³ фільтрату або щороку із розрахунку 300 робочих днів – 540 000 м³. А це означає зниження рівня дзеркала більш як на два метра. У реальних умовах слід очікувати можливо 300 000 м³ фільтрату, що еквівалентно зниженню рівня дзеркала мулової карти всього на 1,5 м за рік. Це, в свою чергу, означає не тільки вивільнення значного об'єму мулових карт, але й суттєве зниження навантаження на загороджувальні дамби.

Наступним заходом, коли розроблений підхід може бути реалізований і сприятиме ліквідації ще однієї серйозної проблеми БСА, є очищення так званої *надмулової води*, яка повертається з мулових майданчиків на станцію в голову процесу. Через надмірне переповнення мулових майданчиків система дренажу практично не працює і, як результат, в голову процесу повертається надзвичайно забруднена надмулова вода з величинами хімічного

споживання кисню (ХСК) на рівні 10–20 тис. мг O_2 /дм³. Для вирішення цього питання нами запропоновано декілька варіантів розміщення аналогу пілотної установки. Одним із них є варіант насосної станції, яка відповідає за подачу надмулової води на БСА. На сьогодні є всі підстави стверджувати, що доочищення зворотної надмулової води до показників ХСК 300–350 мг O_2 /дм³ зваженими речовинами – 50–100 мг/дм³ – цілком реальне. Ще одним можливим варіантом, який можна розглядати, може бути розміщення установки по очищенню надмулової води на БСА в точці її прийому з мулових майданчиків.

І нарешті, цілком заслуговує на увагу пропозиція зменшення навантаження на мулові майданчики шляхом зневоднення осадів, які щодобово утворюються на станції у кількості 8–10 тис. м³. Реально оптимальна кількість відібраного фільтрату буде регламентована процесом перекачування осаду на поля фільтрації. Іншими словами, якщо відфільтрувати, наприклад, 70 % води, то об'єм осадів, які будуть подаватися на мулові поля, складе всього 2,4–3,0 тис. м³/добу. Таким чином, застосування геотюбної технології в її класичному оформленні, а також в оформленні за типом вищенаведеної пілотної установки забезпечує вирішення комплексу проблем, які виникли через накопичену кількість осадів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Канализация* / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов // Издание пятое, переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1975. – 633 с.
2. *Федосеев И.В., Фадеев Г.Н., Баркан М.Ш.* Технология утилизации осадков городских сточных вод. Международная выставка и конгресс «ВейстЭк-2005». М., 1–3 июня 2005 г. ООО НИЦ «Глобус».
3. *Обработка и удаление осадков сточных вод.* – М.: Стройиздат, 1985. – 63 с.
4. *Медведев А.С., Стрижко В.С., Рудань О.В.* Обезвреживание осадков городских станций аэраций // Экология и промышленность России. – 2002. – С. 31.
5. *Вайсфельд Б.А., Шеломков А.С., Монгайт Л.И.* Удаление, обезвреживание и депонирование осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – № 8. – С. 21–22.
6. *Похил Ю.Н., Багаев Ю.Г., Венекурцев В.М. и др.* Ускоренное обезвреживание осадков сточных вод на иловых площадках // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 3. – С. 14.
7. *Эпоян С.М., Пантелют Г.С.* Методы интенсификации обезвреживания осадков городских сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 1997. – № 9. – С. 22–23.
8. *Жуков Н.Н.* Состояние и перспективы развития сооружений по обработке водо-проводных и канализационных осадков в городах России // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 12, ч. 1. – С. 3–6.
9. *Яковлев С.В., Воронов Ю.В.* Водоотведение и очистка сточных вод // Москва: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 704 с.
10. *Peter Rose.* Decanter centrifuges solve sludge backlog problem // Water & Wastewater International. – 2005. – September.
11. *Hultman B. and Levlin E.* Sustainable sludge handling // In: Plaza E., Levlin E. and Hultman, B. (Eds). Advanced wastewater treatment: Report № 2, Joint Polish. – Swedish reports, Div. of Water Resources Engineering, КТН. – 1997. – P. 5.
12. *Кармазинов Ф.В., Пробриский М.Д., Васильев Б.В.* Опыт Водоканала Санкт-Петербурга по обработке и утилизации осадков // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 12, ч. 1. – С. 13–15.
13. *Храменков С.В.* Комплексное решение проблемы по разработке и внедрению современных технологий рекультивации территорий иловых площадок станций аэрации с возвращением выведенных из оборота земель // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 12, ч. 1. – С. 17–20.
14. *Афанасьева А.А., Ловцов А.Е.* Переработка осадков, образованных при подготовке питьевых и очистке ливневых сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 6. – С. 13–16.
15. *Григорьева Ж.Л.* Опыт обезвреживания осадков сточных вод на центрифугах в Санкт-Петербурге. ЭКВА-ТЭК-2006, М. – 2006. – С. 793.
16. *Pat. US N 20040140041.* Geotextile tube repair, construction and reinforcement method and apparatus // Glick Scott. – Publ. 22.07.2004.
17. *Pat. US 20060280563.* Geotextile tube repair, construction and reinforcement method and apparatus // Glick Francis Scott. – Publ. 14.12.2012.
18. *Pat. N AU 2000065143.* Apparatus and method for deploying geotextile tubes // Anthony S. Bradley. – Publ. 10.05.2001.
19. *Pat. US N 8075783.* Water remediation and biosolids collection system and associated methods // Jensen Kyle R., Allen Ronald P., Keys Daniel. – Publ. 31.07.2008.

20. *Pat.* US N 7416668. Wastewater chemical/biological treatment plant recovery apparatus and method // Theodore Marcus G. — Publ. 27.03.2007.
21. *Pat.* US 2010020051. Concurrent disposal and consolidation of dredget sediment of using horisontal drains and vacuum loading // Daekyoo Hwang. — Publ. 08.12.2010.
22. *Pat.* US N 20060102565. System and method for dewatering sludge, slurry or sediment // Alford Paul W. — Publ. 18.05.2006.
23. *Pat.* US N 7455773. Package wastewater chemical/biological treatment method // Harmon John, Gong Terry, Theodore Marcus G. — Publ. 25.11.2008.
24. *Pat.* US N 20060102565. System and method for dewatering sludge, slurry or sediment // Alford Paul W. — Publ. 18.05.2006.
25. <http://www.admir-ea.ru>.
26. Рублевская О.Н., Краснопеев А.Л. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод / Водоснабжение и санитарная техника. — № 4. — 2011. — С. 65–69.

*В.И. Кашковский, В.А. Евдокименко,
Д.С. Каменских, А.Н. Евдокименко*

СПОСОБ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ GEOTUBE НА БОРТНИЦКОЙ СТАНЦИИ АЭРАЦИИ

Работа посвящена решению важной экологической и социальной проблемы — обезвоживанию осадков сточных вод с помощью элементов технологии GeoTube. В лаборатории ИБОНХ НАНУ отработано динамику обезвоживания разных по природе осадков. Разработана и

создана пилотная установка — фильтровальный модуль, размещенный в резервуаре Бортницкой станции аэрации, куда подается аэробно-стабилизированный ил, обработанный флокулянтom Praestol 859 BS, и надилловая вода из иловых площадок. Установка может использоваться для уменьшения нагрузки на иловые площадки, очищения обратной надилловой воды и обезвоживания накопленных илов.

Ключевые слова: сточные воды, осадки, технология, обезвоживание, геоткань, иловые поля.

*V.I. Kashkovsky, V.A. Evdokymenko,
D.S. Kamensky, A.N. Evdokymenko*

METHOD OF DEHYDRATION OF SEWAGE SLUDGE USING ELEMENTS OF GEOTUBE TECHNOLOGY AT BORTNICHY'S AERATION STATION

The work is dedicated to major environmental and social problem — dehydration of sewage sludge with the help of GeoTube technology elements. The process of dehydration dynamics for different sludge origin has developed. The pilot installation has worked out — filter module placed in the tank of Bortnichy's sewage treatment plant, where the aerobically-stabilized sludge processed with flocculant Praestol 859 BS and water from filtration fields are delivered to. Installation can be used to reduce the workload on sludge fields, for purification of undersludge returning water and dehydration of accumulated sludge.

Key words: waste water, rainfall, technology, dehydration, geotextile, sludge fields.

Стаття надійшла до редакції 12.06.13