

УДК 556.388(013)

**В.І. Тимошук, канд. техн. наук, доц.,
Є.А. Шерстюк,
В.В. Тішков**

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, г. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: timvnm@mail.ru

ГІДРОДИНАМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВОДОРЕГУЛЮВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ НА ДІЛЯНЦІ ШЛАМОНАКОПИЧУВАЧА В БАЛЦІ ЯСИНОВА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**V.I. Tymoshchuk, Cand. Sci. (Tech.), Associate
Professor,
Ye.A. Sherstiuk,
V.V. Tishkov**

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: timvnm@mail.ru

HYDRODYNAMIC SUBSTANTIATION OF WATER CONTROL MEASURES AT THE SITE OF SLUDGE COLLECTOR IN YASINOVAYA VALLEY, DNIPROPETROVSK OBLAST

Мета. Обґрунтування ефективних водорегулювальних заходів на ділянці рекультивації шламонакопичувача, розташованого в балці Ясинова Дніпропетровської області, у зв'язку з виводом його з експлуатації, на основі встановлених факторів та умов формування гідродинамічного та гідрогеохімічного режимів підземних вод.

Методика. Дослідження впливу шламонакопичувача в балці Ясинова на гідрогеологічні умови прилеглої території та кількісна оцінка балансових складових у гідродинамічному режимі виконувалось за допомогою моделювання геофільтраційних процесів з використанням чисельної математичної моделі, реалізованої на базі методу кінцевих різностей.

Результати. За результатами виконаних прогнозних розрахунків із використанням чисельної геофільтраційної моделі встановлено, що виключення з гідродинамічного режиму шламонакопичувача поверхневого стоку, що потрапляє до нього з площі водозбору, забезпечує необхідне зниження підпертих рівнів ґрунтових вод на ділянці шламонакопичувача та греблі. Це дозволить запобігти фільтрації ґрунтових вод через шламовий матеріал, що в цілому буде сприяти стабілізації гідрогеохімічного режиму прилеглої до гідроспороди території та відновленню його природного стану за умови рекультивації шламонакопичувача та реалізації водорегулювальних заходів.

Наукова новизна. Встановлено ведучі гідродинамічні чинники, що визначають рівень техногенного впливу шламонакопичувача на формування гідрогеохімічного режиму прилеглої до гідроспороди території та обґрунтовано заходи щодо відновлення та стабілізації її загального гідрогеохімічного стану.

Практична значимість. Реалізація обґрунтованих інженерних заходів дозволить виключити потрапляння хімічного забруднення до підземних вод та р. Дніпро зі шламонакопичувача у зв'язку з виводом його з експлуатації. Результати досліджень складають основу для прогнозування негативних гідродинамічних і гідрогеохімічних процесів у зоні впливу промислових об'єктів та обґрунтування інженерних заходів захисного характеру.

Ключові слова: *шламонакопичувач, забруднення підземних вод, гідродинамічний режим, водорегулювання, метод кінцевих різностей, чисельне моделювання*

Вступ. Постановка проблеми. Актуальність роботи. Експлуатація шламонакопичувача в балці Ясинова, що розташована на схід від ВАТ „ДНПРОАЗОТ“ поблизу м. Дніпропетровськ на правому високому крутому березі р. Дніпро, призвела до суттєвих змін гідрогеологічних умов на прилеглий до шламонакопичувача території. Балка Ясинова до впадіння в протоку Коноплянка, що є притокою річки Дніпро, проходить у північно-східному напрямку.

З початку експлуатації шламонакопичувача в межах його розташування і на прилеглих територіях відбувається підйом рівня ґрунтових вод, а в результаті інфільтрації високомінералізованих вод із шламонакопичувача – підвищення мінералізації та зміна якісного складу підземних і поверхневих вод.

Потужне хімічне забруднення підземних вод у зоні впливу шламонакопичувача відбувається в напрямку потоку підземних вод від шламонакопичувача до протоки Коноплянка і далі в р. Дніпро.

У зв'язку з виводом шламонакопичувача з експлуатації, для запобігання подальшого забруднення підземних і поверхневих вод, важливим завданням є обґрунтування та реалізація комплексу заходів, що виключать потрапляння забруднень до підземних вод на ділянці розташування шламонакопичувача за умов його рекультивативації.

Об'єктом дослідження є геофільтраційні процеси в зоні пливу шламонакопичувача в балці Ясинова, що визначають гідродинамічний і гідрогеохімічний режими підземних вод на прилеглий території.

Метою роботи, зважаючи на викладене, є гідродинамічне обґрунтування ефективних водорегулювальних заходів при рекультивативації шламонакопичувача на основі встановлених факторів та умов формування гідродинамічного режиму підземних вод.

Виклад основного матеріалу.

Геолого-гідрологічні та геоморфологічні умови ділянки досліджень, характеристика шламонакопичувача. Досліджувана територія розташована в межах Придніпровської височини на палеоген-неогеновому та докембрійському підґрунті й характеризується значною еродованістю.

Довжина балки Ясинова становить близько 2,3 км. Від верхів'я, приблизно до середини, вона прорі-

зає схил вододільної височини, нижче – високі правобережні тераси, а далі відкривається в долину Дніпра.

У верхній своїй частині балка має ряд гіллястих яроподібних відвершків, у межах одного з яких розташований шламонакопичувач, у даний час зашлямований. Площа водозбору балки на ділянці шламонакопичувача становить 450 тис. м², середній ухил схилів балки – 0,041 (рис. 1).

У верхній частині лівого схилу шламонакопичувача в б. Ясинова розташований накопичувач суших відходів ВАТ „ДНІПРОАЗОТ“.

У геолого-структурному відношенні район досліджень відноситься до північно-східної частини Українського кристалічного щита та розташований на Середньопридніпровському блоці в межах північної частини Криничанського купола. Район характеризується двоярусною будовою. Нижній ярус – жорсткий докембрійський фундамент, складений метаморфизованими складно-дислокованими кристалічними утвореннями, з майже повсюдно розвинутою на них корою вивітрювання. Верхній ярус представлений осадовою товщею неогенового та четвертинного віку, що плащеподібно перекидає кристалічний фундамент.



Рис. 1. Розташування шламонакопичувача в балці Ясинова

Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також за рахунок витоків води з водонесучих комунікацій та інтенсивної їх інфільтрації. Будівництво шламонакопичувача у верхів'ях балки Ясинова привело до створення додаткового джерела живлення водоносного горизонту.

Потік ґрунтових вод спрямований до природних дренажів і базисів розвантаження. Розвантаження водо-

носного горизонту відбувається в долину р. Дніпро та глибоко врізані балки, за рахунок перетоку в залягаючий нижче водоносний горизонт, а також випару в місцях неглибокого залягання ґрунтових вод.

Аналіз геоморфологічних особливостей досліджуваної території, геолого-літологічної будови та гідрологічних умов показав, що формування гідродинамічного режиму підземних вод на ділянці роз-

ташування шламонакопичувача в балці Ясинова відрізняється наступними особливостями.

Основним водоносним горизонтом, що визначає гідродинамічний вигляд досліджуваної території, є обводнена товща середньо-верхньочетвертинних еолово-делювіальних і елювіальних відкладень, розповсюджених у межах вододільних і схилових ділянок балки, та сучасних алювіально-делювіальних відкладень у тальвезі балки.

У силу особливостей рельєфу денної поверхні живлення водоносного горизонту здійснюється, переважно, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів на вододільних і схилових ділянках балки, а його розвантаження – у тальвезі балки. У сформованих умовах основна частка інфільтраційного живлення припадає на вододільні ділянки з відмітками поверхні 155,0...175,0 м, а в межах схилових ділянок балки, де ухили поверхні досягають 12...25°, переважна частина атмосферних опадів у вигляді поверхневого стоку йде в тальвег балки, де бере участь у формуванні гідравлічного об'єму чаші шламонакопичувача.

Деформація рівневої поверхні водоносного горизонту в межах ерозійного врізу свідчить про незначну водопровідність вміщуючих порід у межах вододільних і схилових ділянок балки, високу дренажність її тальвегу. Останнє пов'язане як із високою проникністю балкового делювію, так і з наявністю в тальвезі балки добре проникних ґрунтових мас штучного походження та зон височування, що забезпечує сприятливі умови для розвантаження четвертинного водоносного горизонту в поверхневій водотоці.

До характерних рис четвертинного водоносного горизонту в межах розглянутої території варто також

віднести нерівномірне обводнення водовміщуючих відкладень, що знаходить своє відображення в характері рівневої поверхні підземних вод у межах ерозійного врізу балки та її відвершків.

До складових елементів шламонакопичувача, як гідротехнічної споруди, відносяться:

- гребля: довжина по гребеню 225 м, ширина 5,0 м, висота 26,7 м, клас капітальності II;
- донний випуск води – складається із шахти та трубопроводів, призначений для відкачки освітленої води насосною станцією;
- насосна станція – призначена для перекачування освітленої води на біологічні очисні споруди міста;
- дренажна завіса, призначена для перехоплення дренажних вод, що профільтрувалися через тіло греблі, покладена по периметру низового укосу з труб діаметром 200 мм, відсипана щебенем;
- дренажна насосна станція, призначена для відкачки дренажних вод назад у накопичувач, встановлена внизу греблі й обладнана 2 насосами продуктивністю 10 м³/год.

Техногенний вплив шламонакопичувача на гідродинамічний режим розглянутої території [1] визначається, з одного боку, підпором рівневої поверхні в межах верхових ділянок балки, з іншого боку – участю вод шламонакопичувача в живленні ґрунтового водоносного горизонту на його нижньому контурі.

Схематизація ділянки досліджень. Моделювання. Співвідношення балансових складових [2] на ділянці розташування шламонакопичувача в балці Ясинова може бути представлено так, як це показано на рис. 2.

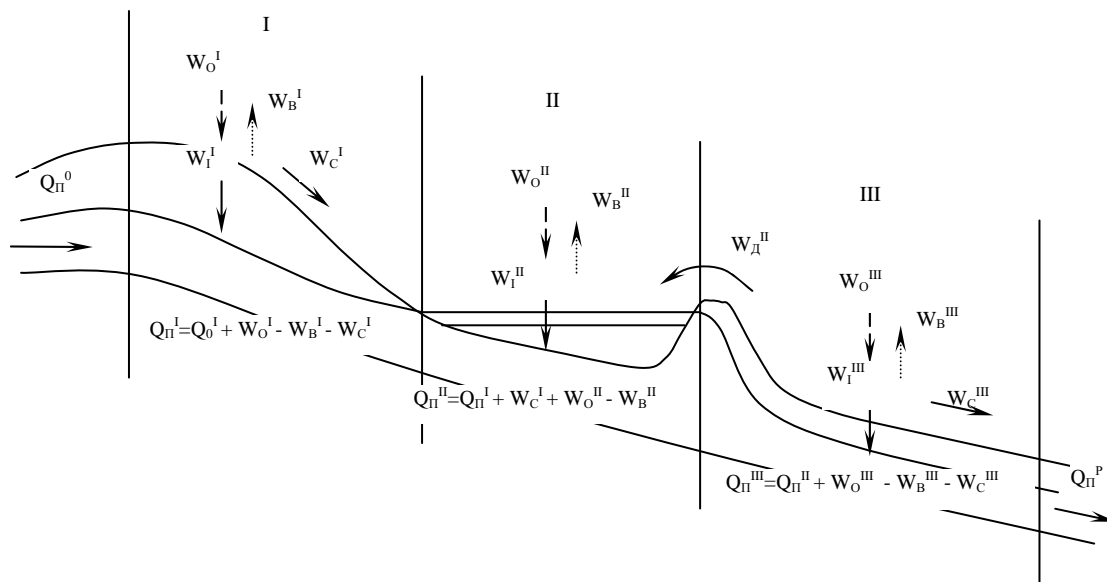


Рис. 2. Схема до оцінки балансових складових гідродинамічного режиму на ділянці шламонакопичувача в балці Ясинова

Згідно з наведеною схемою (рис. 2), у межах умовно виділених ділянок I-III області фільтрації, формування підземного стоку відбувається, переважно,

за рахунок інфільтраційного живлення W_I . При цьому, у межах зони I, що відповідає площі поверхневого водозбору шламонакопичувача, величина інфільт-

раційного живлення W_I^I складає різницю між кількістю атмосферних опадів W_O^I , випаровуванням з поверхні ґрунту W_B^I та поверхневим стоком W_C^I . Окрім того, у формуванні підземного стоку приймає участь приток Q_{II}^0 з прилеглих до площі поверхневого водозбору територій, що визначається загальним характером регіонального потоку підземних вод.

У межах зони II складові поверхневого та підземного стоку визначаються співвідношенням атмосферних опадів W_O^{II} , випаровуванням з водної поверхні W_B^{II} , втрат зі шламонакопичувача на живлення підземних вод W_I^{II} та поверхневого стоку W_C^I , що потрапляє до чаші шламонакопичувача з водозбірної площі зони I. Незмінність рівневого режиму шламонакопичувача, у даному випадку, забезпечується перевищенням приходних статей над витратними, а саме – сумарним перевищенням атмосферних опадів W_O^{II} та поверхневого стоку W_C^I над випаровуванням з водної поверхні шламонакопичувача W_B^{II} та фільтраційними втратами W_I^{II} . До приходних статей шламо-

накопичувача слід додати також дренажні води W_D^{II} , що перехоплюються в нижньому б'єфі греблі та повертаються до чаші ставка-накопичувача.

Співвідношення балансових складових зони III за своїм змістом близьке до зони I, за виключенням зростання долі підземного стоку, що переходить у поверхневий W_C^{III} на ділянках його розвантаження та дренажування в тальвегу балки.

Для вивчення впливу шламонакопичувача в б. Ясинова на гідрогеологічні умови досліджуваної території та кількісної оцінки балансових складових у гідродинамічному режимі виконане моделювання геофільтраційних процесів з використанням чисельної математичної моделі, реалізованої на базі методу кінцевих різностей.

Гідродинамічно розглянута територія в чисельній моделі представлена в межах вододільних контурів водозбірної площі балки границями з постійними витратами, що відповідає характеру живлення та розвантаження підземних вод (рис. 3).

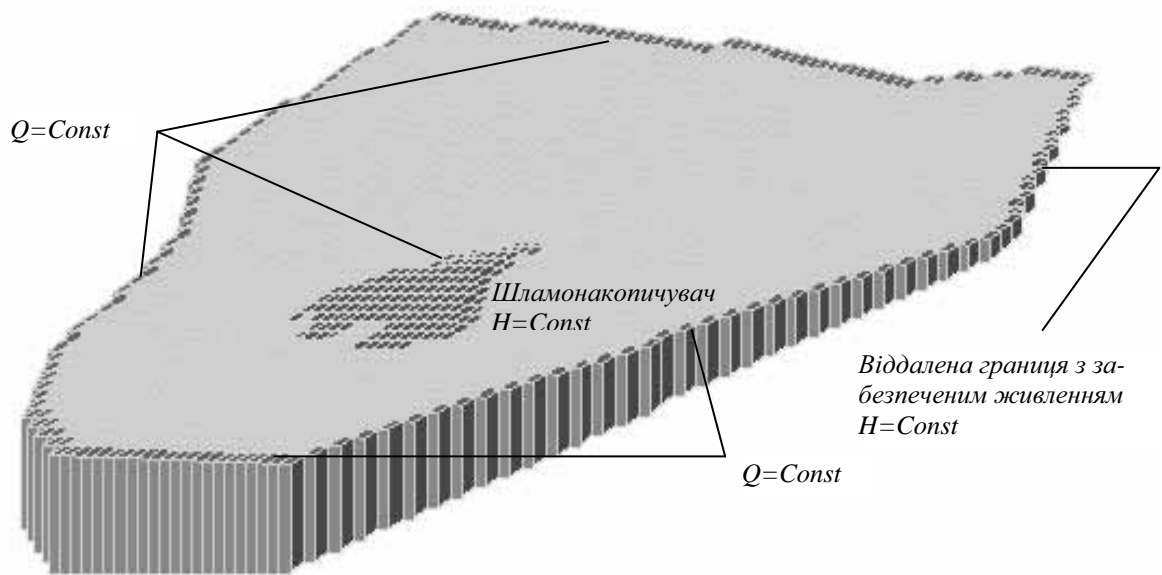


Рис. 3. Гідродинамічна схематизація області розташування шламонакопичувача

Створена гідродинамічна модель ґрунтового водоносного горизонту на етапі вирішення зворотних задач дозволила виконати оцінку балансових складових модельованої області за умови впливу на гідродинамічний режим шламонакопичувача в б. Ясинова.

Збіжність чисельних розрахунків визначалась у процесі рішення епігнозних задач згідно з балансовими складовими геофільтраційної моделі та початковими положеннями рівневої поверхні в четвертинному водоносному горизонті.

Рішення зворотних задач являло собою сукупність розрахунків, у процесі яких оцінювався вплив на рівні підземних вод послідовних змін інфільтраційного живлення, водопровідності та параметрів взаємозв'язку підземних і поверхневих вод.

Аналіз результатів моделювання показав, що основним джерелом живлення водоносного горизонту в межах модельованої області є інфільтрація атмосферних опадів, частково – підтік із прилеглих ділянок на контурах вододілів.

Розвантаження водоносного горизонту відбувається в поверхневій водотокі тальвегу балки, причому суттєвий вплив на рівневий режим підземних вод здійснюють зони височування в межах понижених ділянок рельєфу, де підземні води виходять на поверхню. Крім того, у межах зон розвантаження слід відзначити існування лінійної ділянки вздовж тальвега балки, що забезпечує дренажування території на рівні водопровідності, еквівалентної 25...45 м²/доб.

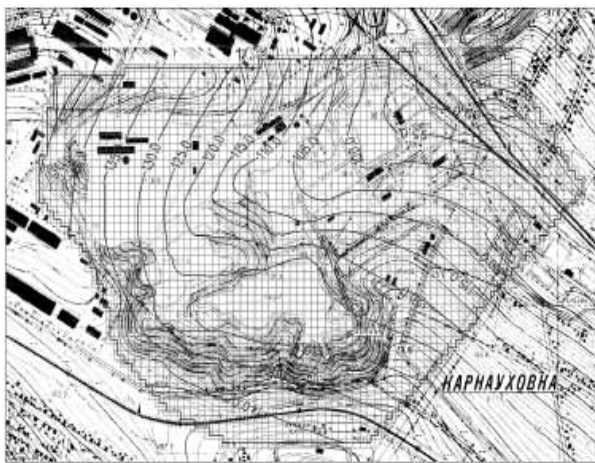
Безпосередньо навколо шламонакопичувача деформація рівневої поверхні зумовлена фільтраційними втратами, що суттєво перевищують розвантаження в накопичувач. Отримані дані балансових складових модельованої області свідчать про суттєвий вплив поверхневого стоку на формування гідрорежиму шламонакопичувача з однієї сторони, і додаткового контуру живлення водоносного горизонту – з іншої.

У порівнянні з втратами зі шламонакопичувача, величина дренажного водовідбору в нижньому б'єфі греблі є несуттєвою та не перевищує 10% від існуючого живлення. Крім того, робота дренажних споруд майже не впливає на рівневий режим території.

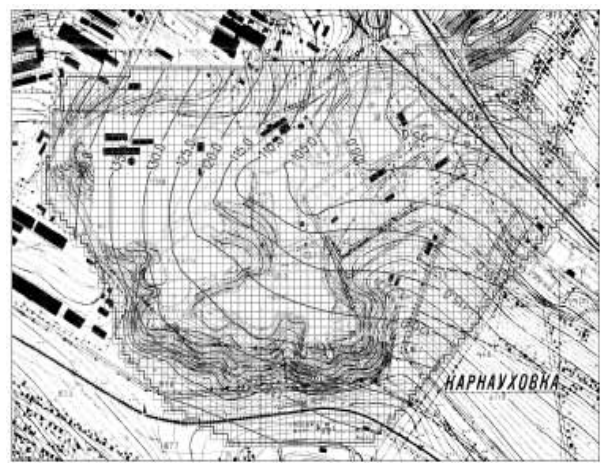
За результатами балансових розрахунків величина поверхневого стоку Q_c , що безпосередньо приймає участь у формуванні приходної складової шламонакопичувача і витрачається на живлення підземних вод на його контурі, складає

$$Q_c = Q_n - Q_p - Q_d,$$

де Q_n – живлення водоносного горизонту за рахунок фільтраційних втрат зі шламонакопичувача, м³/доб; Q_p – розвантаження підземних вод на контурі шламонакопичувача, м³/доб; Q_d – об'єм дренажних вод, що повертається до шламонакопичувача, м³/доб.



а)



б)

Рис. 4. Динаміка рівневої поверхні четвертинного водоносного горизонту за результатами чисельного моделювання за умови реалізації водорегулювальних заходів: а) – існуюче положення рівневої поверхні в умовах впливу шламонакопичувача; б) – прогнозне положення рівневої поверхні за умови реалізації водорегулювальних заходів на період 10 років

Висновки. За результатами прогнозних розрахунків у нестационарному режимі фільтрації встановлено, що виключення з гідрорежиму шламонакопичувача поверхневого стоку, що потрапляє до нього з площі водозбору, уже протягом першого року забезпечує зниження підпертих рівнів від 0,5...2,5 м на прилеглий території до 7,0...10,0 м під накопичувачем і контуром греблі.

Зміни рівневої поверхні відбуваються, переважно, у межах шламонакопичувача, майже не реагуючи на прилеглих територіях поза його межами (рис. 4).

З урахуванням викладеного, величина Q_c становить, м³/доб.

$$Q_c = 58,753 - 16,786 - 4,000 = 37,967,$$

що складає 13,858 тис. м³/рік.

Отримані на етапі зворотних розрахунків результати склали основу для розробки прогнозу гідродинамічного стану досліджуваної території за умови рекультивувача й реалізації комплексу водорегулювальних заходів.

Зміна умов живлення та розвантаження четвертинного водоносного горизонту на ділянці шламонакопичувача в моделі враховувалась зміною граничних умов на його контурі. Оскільки участь поверхневого стоку в балансі шламонакопичувача сприяла формуванню контуру із забезпеченим живленням, що було враховано при виконанні зворотних розрахунків, то виключення його з балансу накопичувача в чисельній моделі відповідає видаленню з розрахунку граничної умови $H=Const$ на його контурі.

Аналогічним чином у моделі враховувалось виключення з роботи дренажної завіси – відповідно, завдяки виведенню з розрахунку граничної умови $Q=Const$ на контурі дренажу.

Дотримання вказаних умов відповідало прогнозному стану досліджуваної території за умови реалізації водорегулювальних заходів.

Це свідчить про відновлення гідродинамічного режиму ґрунтового водоносного горизонту на досліджуваній території до його природного стану за умови рекультивувача та реалізації водорегулювальних заходів.

Характерною особливістю формування гідродинамічного режиму підземних вод на початку рекультивувача є виникнення зон височування, тобто виходу підземних вод на поверхню, у межах контурів шламонакопичувача зі сторони вер-

хів'я балки. Для виключення потрапляння частини підземного стоку, що трансформується в поверхневий і потрапляє до чаші гідроспоруди, доцільно на початку реалізації водорегулювальних заходів забезпечити його відведення за межі накопичувача.

Слід відзначити, що величина зниження рівня підземних вод у межах шламонакопичувача до відміток 105,0...120,0 м забезпечує виключення їх фільтрації через шламовий матеріал і тим самим сприяє стабілізації гідрогеохімічного стану прилеглої до шламонакопичувача території.

Таким чином, в умовах рекультивації шламонакопичувача, для виключення його впливу на формування гідрорежиму прилеглої території, необхідними є відведення поверхневого стоку з площі водозбору за межі контуру гідроспоруди та зниження рівня інфільтраційного живлення підземних вод за рахунок формування протифільтраційного екрану в межах чаші шламонакопичувача.

Список літератури / References

1. Крайнов С.Р. Гидрогеохимия / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. – М.: Недра, 1992. – 463 с.

Kraynov, S.R. (1992), *Gidrogeokhimiya*, Nedra, Moscow, Russia.

2. Мироненко В.А. Динамика подземных вод / Мироненко В.А. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2001. – 519 с.

Mironenko, V.A. (2001), *Dinamika podzemnykh vod* [Dynamics of Groundwater], MGGU, Moscow, Russia.

Цель. Обоснование эффективных водорегулирующих мероприятий на участке рекультивации шламонакопителя, расположенного в балке Ясиновья Днепропетровской области, в связи с выводом его из эксплуатации на основании установленных факторов и условий формирования гидродинамического и гидрогеохимического режимов подземных вод.

Методика. Исследование влияния шламонакопителя в балке Ясиновья на гидрогеологические условия прилегающей территории и количественная оценка балансовых составляющих в гидродинамическом режиме выполнены с помощью моделирования геофильтрационных процессов с использованием численной математической модели, реализованной на базе метода конечных разностей.

Результаты. По результатам выполненных прогнозных расчетов с использованием численной геофильтрационной модели установлено, что исключение из гидрорежима шламонакопителя поверхностного стока, попадающего с площади водосбора, обеспечивает необходимое снижение подпертых уровней грунтовых вод на участке шламонакопителя и дамбы. Это позволяет предотвратить фильтрацию грунтовых вод сквозь шламовый материал, что в целом благоприятствует стабилизации гидрогеохимического режима прилегающей к гидросооружению территории и восстановлению его до природного состояния при рекультивации шламонакопителя и реализации водорегулирующих мероприятий.

Научная новизна. Установлены ведущие гидродинамические факторы, определяющие уровень техногенного влияния шламонакопителя на формирование гидрогеохимического облика прилегающей к гидросооружению территории, а также обоснованы мероприятия по восстановлению и стабилизации ее общего гидрогеохимического состояния.

Практическая значимость. Реализация обоснованных инженерных мероприятий позволит исключить попадание химического загрязнения в подземные воды и р. Днепр из шламонакопителя в связи с выводом его из эксплуатации. Результаты исследования составляют основу для прогноза негативных гидродинамических и гидрогеохимических процессов в зоне влияния промышленных объектов и обоснования инженерных мероприятий защитного характера.

Ключевые слова: *шламонакопитель, загрязнение подземных вод, гидродинамический режим, водорегулирование, метод конечных разностей, численное моделирование*

Purpose. To substantiate the effective water control measures at the site of sludge collector reclamation in Yasinovaya valley in Dnipropetrovsk oblast on the basis of the established factors and conditions for the formation of hydrodynamic and hydrogeochemical groundwater regimes.

Methodology. Study of the influence of sludge collector in Yasinovaya valley on hydrogeological conditions of adjoining territory and quantification of balance components in hydrodynamic regime has been performed by simulation of seepage flow using numerical finite differences model.

Findings. According to the results of predictive calculations, the exclusion of the surface runoff entering from catchment area out of the sludge collector hydrological regime provides the necessary reduction of groundwater flood levels at the site of the sludge collector. It prevents the ground water seepage through the slurry material and tends to stabilize the hydrochemical regime of the territory adjoining to the sludge collector.

Originality. Main hydrodynamic factors that affect the level of the sludge collector influence on the formation of hydrogeochemical conditions of adjoining territory have been determined. The measures of stabilization of its overall hydrogeochemical conditions have been substantiated.

Practical value. The realization of the measures will prevent the chemical pollution of the river Dnieper and local ground waters. The research results form the basis for predicting the negative hydrodynamic and hydrogeochemical processes in the zone affected by industrial sludge collector and for substantiation of protective engineering measures as well.

Keywords: *sludge collector, ground water contamination, hydrodynamic regime, water regulation, finite differences modelling, numerical simulation*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.О. Сдвижковою. Дата надходження рукопису 25.11.12.