

$$K_0 = \frac{8 \cdot 1,38 \cdot 10^{-16} \cdot 293 \cdot 1}{3 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4}} = 5,89 \cdot 10^{-10} \text{ см}^3/\text{с}.$$

*Примечание.* В системе СГС константа коагуляции измеряется в единицах  $\text{см}^3/\text{с}$ .

Зная скорость (константы) коагуляции и пренебрегая вторым членом в (9), уравнение коагуляции запишется в виде

$$\frac{dC}{dt} = -\frac{K_0}{2} C^2. \quad (12)$$

Проинтегрируем уравнение (12) при начальных условиях  $C=C_0$  при  $t=0$  и получим

$$\frac{dC}{C^2} = -\frac{K_0}{2} dt \text{ или } \int_{C_0}^C \frac{dC}{C^2} = -\frac{K_0}{2} \int_0^t dt,$$

откуда 
$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = \frac{K_0}{2} t. \quad (13)$$

Уравнение (13) показывает, что обратная величина концентрации частиц пыли является линейной функцией времени.

Теперь определим в данном примере концентрацию частиц через сутки, если константа коагуляции  $K_0=5,89 \cdot 10^{-10} \text{ см}^3/\text{с}$ .

Из формулы (13) находим

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{3,53 \cdot 10^3} = \frac{5,89 \cdot 10^{-10}}{2} 60 \cdot 60 \cdot 24$$

$$C = 3,24 \cdot 10^3 \text{ частицы}/\text{см}^3,$$

т.е. снижение концентрации частиц пыли в сравнении с начальной составляет 9 %.

Незначительное снижение начальной концентрации твердых частиц свидетельствует о том, что с уменьшением их размеров (11), время планирования частиц в воздушной среде увеличивается и, как следствие, скорость их коагуляции в агрегаты уменьшается.

Таким образом, зная исходную концентрацию твердых частиц, выбрасываемых в воздух промышленными предприятиями, а также температурный режим окружающей воздушной среды, возможно по приведенной методике прогнозировать состояние уровня запыленности в конкретной местности. И, наоборот, по результатам замеров конечной запыленности, оценить степень первоначальных выбросов пыли.

#### *Список литературы*

1. Натансон Э.М. Коллоидные металлы. Изд-во АН УССР. - К.: 1959.
2. Smoluchowski M. Bull Sci, Krakow. 1 gn. - 1 a. - S. 28.
3. Smoluchowski M. M. Zeit. Фhys. Chemie. - 1918. - Bd. 92. - S. 129.
4. Smoluchowski M. M. Zeit. Фhys. Chemie. - 1918. - Bd. 92. - S. 167.
5. Фукс К.А. Механика аэрозолей. - М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 352 с.
6. Иванов-Мусатов О.С. Теория вероятностей и математическая статистика. - Изд-во Наука, 1979. - 285 с.
7. Фукс Н.А. Испарение и рост капель в газообразной среде. - М.: Изд-во АН СССР, 1958. - 403 с.
8. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылевыведение и очистка газов в цветной металлургии. - М.: Металлургия. 1977. - 454 с.

Рукопись поступила в редакцию 16.03.13

УДК 622.257.1

І.В. НІКОЛАЄВА, І.М. ЗАХАРЕНКО, ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

### **ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОВЕРХОНЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШАХТНИХ ТЕРИКОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРАВ МІСЦЕВОГО ПОХОДЖЕННЯ**

Представлено нові способи фіторекультивуваці пилоутворюючих поверхонь відвалів вуглезбагачення і шахтних териконів шахти імені "Артема", м. Дзержинськ, Донецької обл., які засновані на використанні депонованих стічних осадів, а також попередньої обробки насінного матеріалу добривами. Визначено склад перспективної травосуміші, використання якої може забезпечити закріплення пилоутворюючих поверхонь за один вегетаційний період.

**Проблема та зв'язок з науковими та практичними завданнями.** В останні роки прискорені темпи розвитку сучасного техногенезу надає глибокий вплив на природні ландшафти. У Донецькій області зосереджено 1/5 частина промислового потенціалу України, основу якого складає гірничо-металургійний комплекс. Територія Донбасу знаходиться під значним антропогенним пресом, внаслідок чого первинні ландшафти або сильно змінені, або замінені антропогенними, сірчистокислими або карбонатними ландшафтами, які інтенсивно накопичують забруднюючі речовини. Природні ландшафти збереглися лише на 11-15% від усієї території Донбасу.

Серед техногенних екосистем в Донбасі лідерами є підприємства вугільної промисловості. При підземному видобутку вугілля створюються конусоподібні відвали (терикони) з породи, часток вугілля і шлаку, при цьому відбувається відторгнення великих площ родючих земель. У населених пунктах, крім погіршення санітарно-гігієнічних умов місцевості, вони представляють загрозу для здоров'я людини. Більшість усіх відвалів горять, виділяючи при цьому в природне середовище у високій концентрації сірководень, вуглекислий і сірчистий газ. Під порідні відвали і промислові площі шахт зайнято близько 30 тис. га землі, з 1 м<sup>2</sup> териконів здувається близько до 50 мг в добу пилу. На сьогодні в Донбасі озеленено близько 100 відвалів, що складає менше 10 % від їх загальної кількості. Тому необхідність і важливість рекультивації природних відвалів є очевидною.

Фіторекультивация - один з найбільш дешевих і ефективних способів відновлення порушених промисловістю земель. Причому в умовах індустріального Донбасу, де є рослинний покрив явно недостатній для регенерації вуглекислоти, що утворюється тут, збагачення повітря киснем, поглинання шкідливих викидів, фіторекультивация окрім функції збільшення продуктивних земель, ще грає сануючу і фітокомпенсаторну ролі.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Донбас є передовим регіоном з вивчення процесів самозаростання техногенних земель, а також пошуків нових способів біологічної рекультивації. Як показує аналіз наукових джерел, цією проблемою займалися ряд вчених, в тому числі і співробітники Донецького ботанічного саду НАН України. Складено багато інструкцій і рекомендацій з озеленення відвалів вугільних шахт Донбасу, в яких наводяться списки перспективних для фіторекультивації популяцій видів-фітомеліорантів на рекультивованих землях, оцінці їх стану і прогнозуванню їх подальшого розвитку на сьогодні немає, в Донбасі.

Але прогресивні технології, керовані людиною по створенню рослинного покриву на пилоутворюючих поверхнях, в порівнянні з процесом самозаростання яке триває десятиріччями забезпечує надійне закріплення поверхонь протогрунтів за період у 2...3 роки. Стійкий до несприятливих гідрометеорологічних умов рослинний покрив багатократно зменшує пилоутворення техногенних об'єктів, перешкоджає вітровій та водній ерозії задернованих площ, і значно поліпшує стан атмосферного повітря у робочих зонах, і на розташованих навколо селітебних територій.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є визначення за допомогою популяційних параметрів видів фітомеліорантів можливість оцінювання успішності процесу фіторекультивації техногенних земель на прикладі шахти " Артема", Донецької обл., м. Дзержинська.

Головне завдання - на модельному відвалу провести експеримент по фіторекультивації едафотопів відвалів вугільної шахти. Для цього проводилися наступні такі роботи як: а) підбір трав'янистих рослин для фіторекультивації; б) закладка експерименту; в) наземні візуальні спостереження на постійних і тимчасових пробних площах за популяціями фітомеліорантів; г) відбір проб субстратів.

Для впровадження в практику нових способів фіторекультивації відвалів необхідно використовувати на гірничотехнічному етапі стандартне гірське устаткування, і прості схеми його використання, а на біологічному етапі - прийнятні в сучасних умовах методи підвищення якості ґрунтів, що покривають відвал, недорогий і доступний насінний і посадковий матеріал.

Авторами статті запропонований новий спосіб закріплення пилоутворюючих поверхонь відвалів (териконів) розкритих порід, який забезпечує підвищення родючості, і поліпшення агрофізичних властивостей ґрунтів з подальшим створенням на них стійкого рослинного покриву за один вегетаційний період. Особливістю вибраного даного способу є використання су-

хих залежаних незаражених мулових осадів стічних вод (ОСВ) у якості добрива ґрунтів на поверхні відвалів.

**Об'єкти та методи дослідження.** Проводився популяційний моніторинг фіторекультивациі, як система спостереження і контролю за станом популяції окремих модельних видів - фітомеліорантів в постійних відведених облікових пунктах на відвалах (териконах) вугільної шахти ім. Артема. Методологічний вибір найбільш ефективних трав місцевого походження здійснювався за такими критеріями як: чисельність, життєдіяльність, морозостійкість і посухостійкість.

Для дослідження на відвалах (териконах) вугільної шахти ім. Артема в якості перспективних фітомеліорантов були відібрані такі основні види трав'янистих рослин як: пирій повзучий (*Elytrigia repens* (L.)Nevsky), мокриця (*Oniscidea*), люцерна (*Medicago sativa*), спориш (*Polygonum aviculare* L) і інші види трав місцевого походження.

В умовах зростання визначалися основні агрохімічні показники субстрату в місці посіву насіння, а саме: рН, вміст сухого залишку та катіонно-аніонний склад. Дослідження субстратів проводилися загально прийнятими в агрохімії методами. Популяції вивчалися на різних експозиціях відвалів, в якості контролю були вивчені фонові популяції видів, що ростуть в спонтанних рослинних співтовариствах поблизу відвалів. На відвалах було закладено 5 стаціонарних майданчиків (1мх1м), і крім цього, проводилися регулярні обстеження за умовами їх зростання.

**Викладення матеріалу та результати.** Головним і одним з основних критеріїв придатності субстратів для рекультивациі, і для росту рослин на териконах є показник рН субстрату, а також ступінь токсичності та засоленості. Протягом багатьох років ми можемо спостерігати повільний процес нейтралізації кислих сполук, а також вимивання розчинних солей з протоґрунта (субстрату), що і є позитивним чинником для подальшого зростання рослин місцевого походження. Але в процесі природного самозаростання ми можемо спостерігати як рослини змінюють субстрат у бік збільшення рН, а також зменшується і токсичність солей.

Проаналізувавши на прикладі терикону вугільної шахти імені Дзержинського можна побачити як змінилися агрохімічні показники протоґрунта (табл. 1).

Так, за результатами дослідження видно, що 1980 році показники вмісту солей - значний, значення рН - низьке, засолення - сульфатне по аніонах, кальцієве - по катіонах, а за показниками 2003 року видно, що значення рН субстрату підвищується значно, а засолення стає навпаки стає незначним.

Досліди показали, що незважаючи на жорсткі умови зростання високу здатність піонерного заселення техногенних об'єктів мають більше 20 видів бур'янових рослин, які висівають насіння в осінній період, що сприяє активному їх розростанню у весняно-літній період. Насінний матеріал бур'янів відзначається дешевизною, так як є відходом елеваторів та круп'яних заводів.

Таблиця 1

Зміни вмісту водорозчинних речовин у відвалі вугільної шахти імені Дзержинського			
Хімічні елементи	Од. виміру	1980 р.	2003 р.
Водневий показник (рН)	од.	4,0	7,9
Сухий залишок	г/100 г	0,800	0,180
Аніони			
Хімічні елементи	Од. виміру	1980 р.	2003 р.
Катіони			
Кальцій (Ca <sup>2+</sup> )	%/мгекв/100 г	0,185/8,72	0,042/2,25
Магній (Mg <sup>2+</sup> )	%/мгекв/100 г	0,030/2,70	0,0025/0,20
Натрій і калій (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> )	%/мгекв/100 г	0,071/3,19	0,005/0,19

\* 1980р., вершина, до посіву насіння;  
2003р., вершина, місцезростання M.albus.

Але на перешкоді широкому застосуванню бур'янів стоять жорсткі фітосанітарні правила, які обмежують використання карантинних рослин. На це треба звернути увагу, так як в районі розташування техногенних об'єктів знаходяться селітебні зони, сільськогосподарські угіддя, приватні садиби, дачі. Хоча не всі бур'янові рослини підпадають під заборону згідно фітосанітарних правил.

Розглянемо інші види рослин, які можуть бути використанні для дернування поверхонь відпрацьованих відвалів.

Встановлено, що на поверхнях техногенних об'єктів можуть приживатися кормові багатолітні злакові та бобові рослини, особливо, якщо попередньо збагатити бідні субстрати (протогрунти) органічними речовинами, які входять до обеззаражених мулових осадів очисних споруд. Середній вміст важливих для рослин речовин в сухому залишку мулових осадів складає:  $N_{\text{заг}}$  - 2-7%;  $P_2O_5$  - 1,5-7%;  $K_2O$  - 0,15-0,35%; гуміфіковані органічні речовини - 50-70 %. Після внесення мулових осадів відбувається підвищення вмісту гумусу і головних поживних елементів - азоту, фосфору, калію, а також поліпшуються водно-фізичні властивості ґрунту. Внесення у протогрунти відвалів знезаражених мулових осадів очисних споруд істотно збільшує можливість формування стійкого рослинного покриву, який перешкоджає пилоутворенню.

Таким чином, внесення у протогрунти техногенних об'єктові органічної речовини мулових осадів очисних споруд забезпечує прискорений розвиток рослинного покриву за рахунок підкормки цінними поживними речовинами та сприянню формуванню запасів вологи в сухі літні місяці.

Авторами статті запропонований новий спосіб створення стійкого шару дернини на поверхнях техногенних об'єктів, яке можливе за допомогою таких видів культурних рослин, як люцерна (*Medicago*), озимий ріпак (*Brassica napus* L.), буркун (*Melilotus*), гірчиця (*Brassica*), лаванда та інші. Саме вони були обрані в якості основних при виконанні досліджень. При цьому у якості домінуючої культури при дернуванні (закріпленні) пилоутворюючих поверхонь виступає люцерна, лаванда та інші культури які відрізняється морозо- та посухостійкістю, формує стійку і розвинену кореневу систему.

Перспективною рослиною для закріплення пилоутворюючих поверхонь є також козлятник східний, галега (*Galega orientalis* Lam.), яка теж відрізняється морозо- та посухостійкістю, формує стійку і розвинену кореневу систему.

Обраний спосіб забезпечує прискорені темпи закріплення пилоутворюючих поверхонь відзначаються малими витратами на добрива, насінний матеріал при створенні рослинних угруповань на техногенному без гумусному вододefіцитному протогрунті за 2...3 роки.

Згідно запропонованим технічним рішенням, 2012 році проводилися експериментальні дослідження на відвалі. Для цього були створені у квітні дві ділянки по 1 м<sup>2</sup> кожна, перша ділянка створена на основі материнського ґрунту, друга ділянка створена на основі протогрунту з внесенням утилізованих лежалих сухих осадів стічних вод (ОСВ) станції аерації, потім одночасно на цих двох ділянках вирощували вище перераховані трави місцевого походження. Після висівання цих трав їх зростання було без належного догляду, при цьому виконувалися спостереження за зростанням їх біомаси впродовж всього періоду їх вегетації.

Станом на вересень місяць 2012 року трави місцевого походження наростили достатню фітомасу, що підтвердило їх інтродукцію, на новому місці зростання. Ці новації дозволяють підвищити ефективність рекультивації поверхонь відпрацьованих відвалів, а також поліпшити естетичний вигляд, тому автори рекомендують використовувати вищезгадані трави місцевого походження для закріплення пилоутворюючих поверхонь.

**Висновок.** В цілому на підставі аналітичного огляду і запропонованого нового способу боротьби з пилоутворенням техногенних об'єктів, встановлено, що в теперішній час найбільш доцільним способом закріплення таких пилоутворюючих поверхонь є спосіб біологічного дернування протогрунтів за допомогою трав місцевого походження. При вирощуванні цих рослин на протогрунтах техногенних об'єктів можна отримати стійкий шар дернини за короткий проміжок часу.

#### *Список літератури*

1. **Трещевский И.В., Панков Я.В.** Эффективность биологической рекультивации отвалов КМА. // Проблема рекультивации земель в ССР. - Новосибирск: Наука, 1974. – 260с.
2. ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земли. Загальні вимоги до рекультивації земель.
3. Проведення науково - дослідних робіт з обґрунтування можливості використання осадів стічних вод ЗАТ «Наdejда» для відновлення екосистем порушених земель// Звіт НДР № держреєстрації 0108U001813. – Дніпропетровськ: Інститут проблем природокористування та екології НАН України, 2008.
4. Комунальна гігієна. Під ред. **С.Г. Гончарука**. – К.: Здоров'я, 2003. – с.350.
5. **Гюнтер Л.И., Беляева С.Д., Тавризова О.А., Короткова Е.В.** Экологически безопасные приемы обработки и размещения осадков городских сточных вод в окружающей среде. / Ежеквартальный научно - технический журнал «Чистый город», №4(12). -2000. – с.23-28.
6. **Гюнтер Л.И., Беляева С.Д.** К проблеме утилизации ОСВ в качестве удобрения.// Известия жилищно – коммунальной академии городского хозяйства и экологии. – 1997, №2.-с.38-48.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 622.413.3

А.А. ЛАПШИН, канд. техн. наук, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАХТНЫХ ВОД ДЛЯ ФОРСУНОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Приведена характеристика микроклимата в глубоких рудных шахтах Кривбасса. Одним из основных факторов, влияющих на ухудшение микроклимата является высокая температура воздуха в горных выработках. Для нормализации микроклимата предложен способ форсуночного охлаждения рудничного воздуха с использованием шахтных вод.

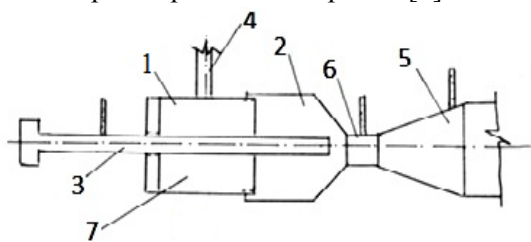
**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** На глубоких горизонтах рудных шахт состояние микроклимата ухудшается вследствие повышения температуры, относительной влажности и барометрического давления. Как свидетельствуют результаты исследований состояние микроклимата в горных выработках шахт Кривбасса, температура воздуха на горизонтах 1200-1300 м близка к 26 °С, а на глубине 940 м шахты «Эксплуатационная» ЗЖРК она составляет 29-30 °С [1]. С учетом Правил безопасности на подземных работах при температуре воздуха свыше 26 °С необходимо применять специальные меры по его охлаждению [2].

**Анализ исследований и публикаций.** Снизить температуру в горных выработках возможно за счет увеличения в них скорости воздуха, но при существующих вентиляторных установках главного проветривания (ГВУ) это мероприятие осуществить сложно, поскольку отсутствуют резервы по их производительности.

В угольных шахтах для охлаждения воздуха в лавах используют холодильные машины. Для рудных шахт применение холодильных машин является экономически нецелесообразным ввиду большой их стоимости. По этой причине в настоящее время из 57 шахт холодильные машины работают только на 2-х [3].

**Изложение материала и результаты исследований.** Известно, что при достаточном количестве и доступности воды наиболее дешевым и эффективным является форсуночное охлаждение воздуха [4]. По данным гидрогеологических сведений, при добыче железных руд подземным способом в Кривбассе ежегодно откачивается около 18 млн м<sup>3</sup> шахтных вод.

Удельная теплоемкость шахтной воды составляет 3,81-3,82 кДж/кгК, что позволяет использовать её для охлаждения рудничного воздуха [5]. При этом целесообразно применять форсуночное охлаждение при температуре воздуха 28-30°С, а при больших температурах - форсуночное воздушно-водоиспарительное охлаждение, используемое в промышленности для охлаждения рабочего оборудования [6]. В этих условиях шахтную воду используют как компонент водовоздушной смеси, образуемой при помощи охлаждающего эжектора, принципиальная схема которого приведена на рис. 1 [7].



**Рис. 1.** Принципиальная схема охлаждающего эжектора: 1 - цилиндрический корпус; 2 - конфузорный корпус; 3 - сопло; 4 - водоподводящий патрубок; 5 - диффузор-смеситель; 6 - цилиндрическая муфта; 7 - полость корпуса

Работа охлаждающего эжектора заключается в том, что сжатый воздух вызывает разрежение в конфузорном корпусе 2, распыление воды, и охлаждение ее посредством конвективного теплообмена с образованием водовоздушной смеси. При этом исходный массовый расход воды распределяется в смеси между водой и паром. Масса пара, который выделяется из воды за единицу времени при давлении  $P = 0,7$  МПа и температуре 21 °С определяется следующим образом. По таблицам водяного пара определяются давление насыщения при заданной температуре  $P_{п} = 2,33 \cdot 10^3$  Па. Далее, определяется влагосодержание по формуле

$$d = 0,622 P_{п} / P - P_{п}. \quad (1)$$