

УДК: 631.4+631.5

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУБСТРАТОВ ШАХТНЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ КРИВБАССА

*В.М. Савосько, М.А. Невядомский, П.Ю. Кудрявая*

*Криворожский государственный педагогический университет*

Изучены ведущие физические (плотность сложения, плотность твердой фазы, пористость), химические (содержание подвижных форм железа, обменные основания) и физико-химические (актуальная, обменная кислотности) свойства субстратов шахтных хвостохранилищ Криворожского железорудного региона. Установлено, что изученные физико-химические свойства субстратов существенно отличаются от зональных почв региона, что является препятствием для создания культурфитоценозов на этих техногенных ландшафтах.

*Шахтные хвостохранилища, субстраты, Кривбасс, физико-химические свойства*

### ВВЕДЕНИЕ

Хвостохранилища, являясь неотъемлемой частью современного горнорудного производства, оказывают мощнейшее негативное воздействие на состояние окружающей среды промышленных регионов [3, 5, 9]. Проведение рекультивации по классической схеме (нанесение защитного слоя рыхлых горных пород и слоя почвы с последующей посадкой растений) очень трудоемкое мероприятие, требующее значительных финансовых затрат [4, 7]. Выполнение посадочных работ непосредственно в субстрат не всегда эффективно [4].

Поэтому очень актуальна разработка инновационных природоохранных технологий, которые бы активно использовали природные продуктивные силы культурфитоценозов [7, 9]. Эффективность такого направления во многом обуславливается оптимизацией функционирования системы «почва-растение», в данном случае «субстрат-растение». Вот почему так важно предварительное исследование физических и физико-химических свойств субстратов хвостохранилищ с точки зрения их соответствия требованиям культурфитоценозов.

Среди хвостохранилищ Криворожского железорудного региона особенное место занимают шахтные хвостохранилища, которые были созданы в середине прошлого столетия. Однако в дальнейшем они, в связи со строительством горно-обогатительных комбинатов, утратили свою технологическую актуальность и были закрыты [3, 5].

В большинстве случаев, по экономическим причинам, шахтные хвостохранилища консервировались без соответствующих рекультивационных работ [3, 5]. Со временем на их территории сформировались спонтанные растительные сообщества. Вполне логично, что такие фитоценозы в той или иной мере адаптировались к жестким экологическим условиям таких местообитаний. Поэтому они представляют собой уникальный, с научной точки зрения, полигон для исследований особенностей и успешности функционирования системы «техногенный субстрат-растения».

Цель работы – изучить ведущие физические и физико-химические свойства техногенных субстратов шахтных хвостохранилищ Криворожского железорудного региона.

## **УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводились в 2007-2009 гг. на шахтных хвостохранилищах г. Кривого Рога, выведенных из эксплуатации в прошлом столетии: 60-е (ш. им. Ленина), 70-е (ш. им. Валявко) 80-е года (ш. им. Артема). На их территории были выбраны мониторинговые участки, различающиеся: временем отсыпки, фитоценозом, наличием/отсутствием глинования и уровнем увлажнения. Краткая характеристика мониторинговых участков представлена в таблице 1.

Усредненные пробы субстратов хвостохранилищ отбирались методом конверта с поверхностного слоя (0-20 см) [8].

Таблица – Краткая характеристика мониторинговых участков

Номер участка	Шахта	Время завершения эксплуатации	Наличие глинования	Наличие грунтового увлажнения	Примечание
1	Им. Ленина	1965	-	-	Минимальное развитие фитоценоза
2		1965	-	-	Максимальное развитие фитоценоза
3	Им. Артема	1985	+	-	Единичные экземпляры деревьев
4		1985	-	-	-
5		1985	-	+	-
6		1989	-	+	-
7		1989	-	-	-
8	Им. Валявко	1975	-	-	Редколесье
9		1975	-	-	-
10		1975	-	-	Разрушение фитоценозов

Подготовка субстратов (просушивание, растирка и просеивание) проводилась по общепринятым методикам [1, 8]. В субстратах определяли: плотность сложения и плотность твердой фазы (гравиметрическим методом), пористость (расчетный метод), обменные основания (титриметрический метод), обменная и актуальная кислотность субстратных растворов (ионометрическим методом) [1].

Подвижные формы железа извлекались водной вытяжкой. Концентрацию железа в фильтрате определяли методом окрашивания сульфосалициловой кислотой с фотометрическим окончанием [1].

Полученные результаты, обрабатывались математически с использованием методов вариационной статистики. В работе был принят уровень значимости  $P < 0,95$  [2].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Физические свойства.** Субстрат шахтных хвостохранилищ представляет собой безструктурную сыпучую субстанцию внешне похожую на пляжный песок. Цвет хвостов зависит от геолого-минералогических особенностей разрабатываемых месторождений. Красный с охристым оттенком характерен для хвостохранилища шахты имени Ленина, синий с сероватым оттенком – ш. им Артема, грязновато бурый – ш. им Валявко.

Анализ полученных результатов показал, что численные значения плотности сложения хвостов находятся в пределах 1,25–1,68 г/см<sup>3</sup>, что на 30–40% выше, чем в зональных почвах (рис. 1). Исключение составляют результаты, полученные на участке № 1 ш. им Артема, где была проведена отсыпка слоя глины (глинование). Показатели плотности твердой фазы хвостов также превышают аналогичные значения зональных почв, но несколько меньше – на 15–20 % (диапазон колебаний 2,73–3,21 г/см<sup>3</sup>).

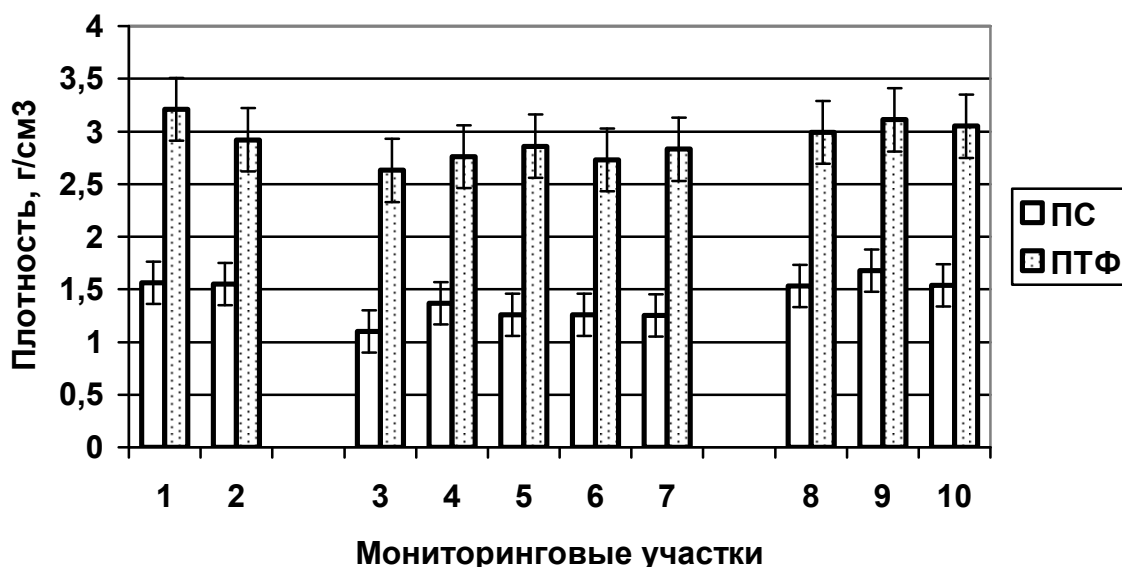


Рисунок 1 – Физические свойства субстратов шахтных хвостохранилищ Кривбасса (ПС - плотность сложения, ПТФ - плотность твердой фазы, описание мониторинговых участков см табл.)

Важно отметить, что, как и плотность сложения, так и плотность твердой фазы имеют четкую обусловленность месторождением. Так,

минимальные значения этих показателей выявлены в субстратах с хвостохранилища ш. им Артема, максимальные – ш. им. Ленина.

**Реакция субстратных растворов (рН).** Проведенными исследованиями было установлено, что субстраты шахтных хвостохранилищ Кривбасса характеризуются щелочной реакцией их растворов (рис. 2). Минимальные значения актуальной кислотности выявлены на ш. им Валявко – 7,35–8,82, что на 10–25 % выше значений зональных почв. Субстраты хвостохранилища ш. им Ленина характеризуются большими численными значениями актуальной кислотности – 8,79–8,81 (на 20–25% выше зональных почв).

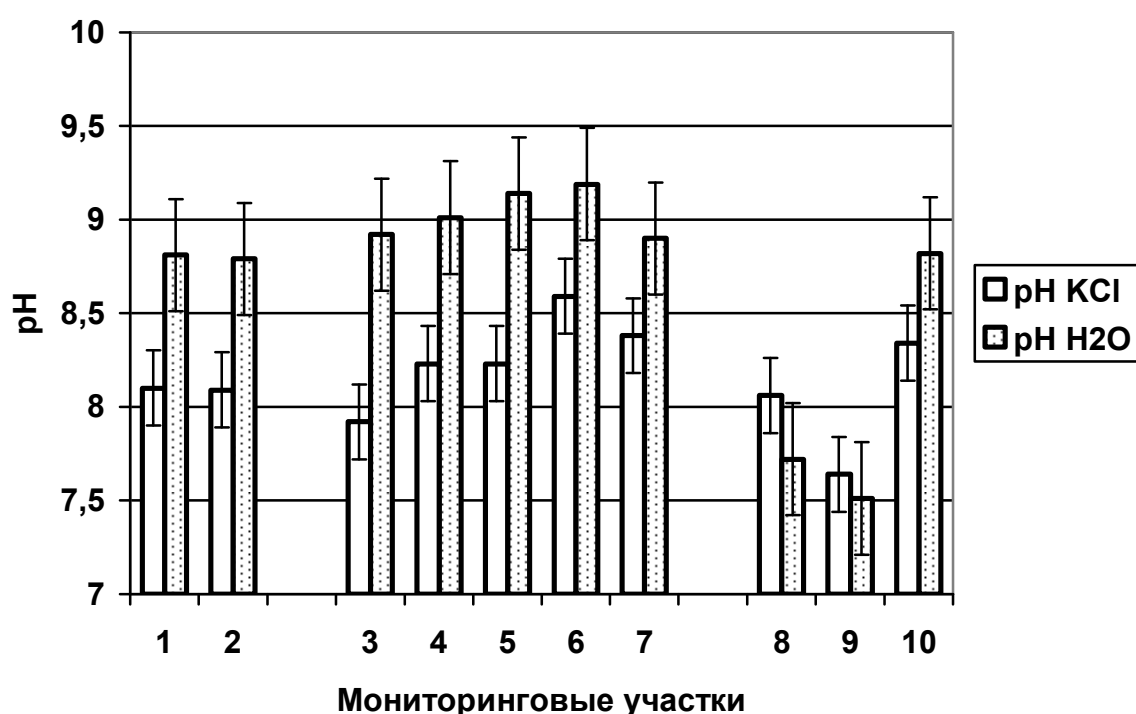


Рисунок 2 – Реакция субстратных растворов шахтных хвостохранилищ Кривбасса (рН Н<sub>2</sub>О - актуальная кислотность, рН КСl – обменная кислотность, описание мониторинговых участков см табл.)

В связи с тем, что хвостохранилище ш. им Артем характеризуется одом самозараствания, а также что оно в свое время использовалось как отстойник шахтных вод, закономерно выявлено максимальное подщелачивание ее субстратов. По нашим данным их актуальная кислотность составляет 8,90–9,19, что на 30–40% выше значений зональных почв. Во всех исследованных

субстратах шахтных хвостохранилищ показатели обменной кислотности, хотя и несколько меньше актуальной, повторяют отмеченную выше тенденцию (рис. 2).

**Содержание железа.** Общеизвестно, что хвосты, являясь отходами обогащения железной руды, содержат в своем составе значительное количество железа. Использование водной вытяжки позволяет оценить содержание металла, которое находится в максимально подвижной форме и, следовательно, оказывает наибольшее влияние на фитоценозы [3, 5].

Проведенными исследованиями было выявлено, что содержание железа в субстратах шахтных хвостохранилищ Кривбасса находится в пределах 1,29–4,93 мг/кг, при среднем значении 2,45 мг/кг. Эти значения в 1,2–4,3 раза превышают показатели зональных фоновых почв (рис. 3). Максимальные концентрации подвижных форма железа (3,50–4,93 мг/кг) выявлены на участках 3, 4, 5 хвостохранилища ш. им Артема. Эти территории характеризуются минимальным сроком завершения эксплуатации, а также наличием подтопления грунтовыми водами. Количество железа в субстратах других мониторинговых участков находится приблизительно на одном уровне – 1,29–1,71 мг/кг.

**Обменные основания.** Как известно, обменные основания почв и техногенных субстратов являются универсальным показателем, который отображает успешность функционирования почвенного поглощающего комплекса [6].

Следовательно, обменные основания, в конечном итоге, могут индцировать буферность и устойчивости почв, а также техногенных субстратов. В конечном итоге и развивающихся на них растительных сообществ [6].

Установлено, сумма обменных оснований субстратов шахтных хвостохранилищ Кривбасса составляет 2,13–7,93 мг.-экв на 100 г субстрата, что в 5–15 раз меньше по сравнению с зональными почвами региона (рис. 4). Исключение, составляет участок 1 хвостохранилища ш. им Артема, где было проведено отсыпка слоя глины. Минимальные показатели суммы обменных оснований выявлены на хвостохранилище ш. им Валявко 2,13–2,60 мг.-экв на

100 г субстрата. Этот факт может быть объяснен исключительно геологическими и минералогическими особенностями разрабатываемого месторождения.



Рисунок 3 – Содержание железа в субстратах шахтных хвостохранилищ Кривбасса (описание мониторинговых участков см. в табл.), мк·кг субстрата.

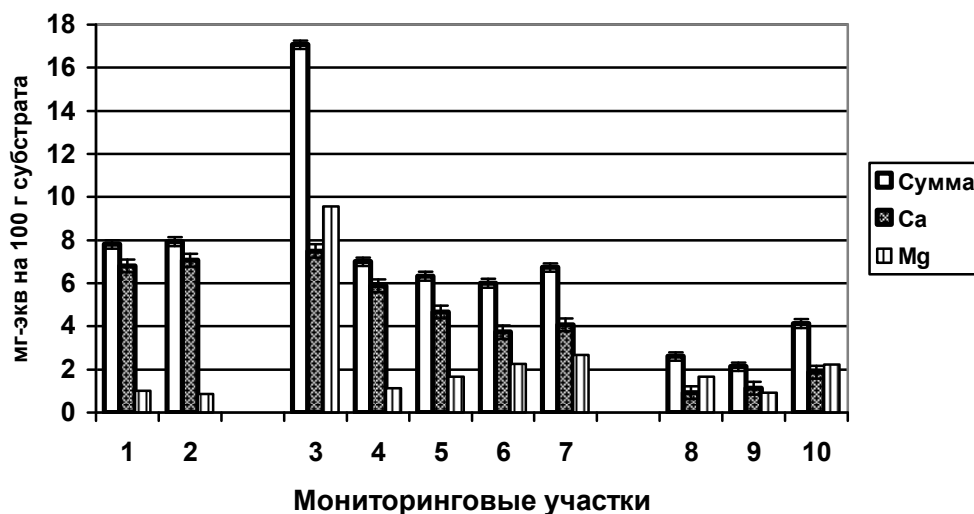


Рисунок 4 – Сумма обменных оснований субстратов шахтных хвостохранилищ Кривбасса (сумма – сумма обменных оснований, Ca – обменный кальций, Mg – обменный магний, описание мониторинговых участков см. в табл.), мк·эquiv. На 100 г субстрата.

Относительно большой возраст восстановления хвостохранилища ш. им Ленина, по нашему мнению обуславливает не только максимальные

значения суммы обменных оснований (7,0–7,93 мг-экв на 100 г субстрата), но и их сбалансированность. Так, содержание обменного магния составляет 15–18 % от суммы оснований, что практически соответствует показателю зональных почв.

Наличие дополнительного грунтового увлажнения за счет расположенного рядом пруда накопителя шахтных вод, а также возраст хвостохранилища ш. им Артема объясняют относительно высокие значения суммы обменных оснований (6,00–7,00 мг-экв на 100 г субстрата) и их дисбаланс за счет повышенного содержания обменного магния (до 30–40 % от суммы оснований).

## ВЫВОДЫ

1. Физические и физико-химические свойства субстратов шахтных хвостохранилищ Кривбасса значительно отличаются от зональных почв региона. Плотность сложения, плотность твердой фазы, актуальная и обменная кислотности хвостов выше почвенных аналогов (соответственно на 30–40 %, 15–20 %, 10–40 %, 20–35 %). Сума обменных оснований субстратов в 5–15 раз меньше показателей почвы. Хвосты также характеризуются повышенным содержанием подвижных форм железа (превышение фоновых значений почв составляет 1,50–5,0 раза).
2. Физические и физико-химические свойства субстратов шахтных хвостохранилищ Кривбасса определяются: геолого-минералогическими особенностями железной руды месторождений, временем завершения эксплуатации, наличием дополнительного грунтового увлажнения.
3. Среди исследованных показателей, именно кислотность субстратных растворов необходимо рассматривать критическим экологическим фактором, который может лимитировать успешность функционирования культурфитоценозов. Поэтому этот показатель необходимо учитывать при планировании предварительных ремедиационных технологий.
4. Полученные результаты могут быть использованы при разработке конкретных технологий направленных на создание разнообразных травянистых культурфитоценозов непосредственно на субстратах хвостохранилищ в Криворожском железорудном регионе



5. В дальнейших исследованиях, по нашему мнению, целесообразно завершить изучения полного комплекса физико-химических и агрохимических свойств субстратов шахтных хвостохранилищ, провести оценку их фитотоксичности, разработать и апробировать мероприятия по ремедиации хвостов.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. *Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.*
2. *Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.*
3. *Лысый А.Е., Рыженко С.А., Козярин И.П. и др. Экологические и социально-гигиенические проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона. – Кривой Рог: ООО «Етюд-Сервис», 2007. – 428 с.*
4. *Мазур А.Ю., Кучеревський В.В., Савосько В.М. Спосіб фітозакріплення поверхні хвостосховищ. – Деклараційний патент на корисну модель и 2005 04752 // Бюл. № 1, 16.01.2006.*
5. *Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі. – Кривий Ріг: Октант-Принт, 2003. – 252 с.*
6. *Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство. – Чернівці: 2003. – 394 с.*
7. *Панас Р.М. Рекультивация земель. – Львів: Новий світ-2000, 2005. – 224 с.*
8. *Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 246 с.*
9. *Савосько В., Карпец Г., Дьячок С. Перспективные способы оптимизации хвостохранилищ // Материалы II Международной научно-практической конференции: «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья» (Тирасполь, 15–16 сентября 2005 г.). – Тирасполь: Издательство Приднестровского ун-та, 2005. – С. 66–67.*

## THE SUBSTRATES'S PHYSICAL AND CHEMICAL OF THE PROPERTIES MINE TAILINGS PONDS AT KRYVBAS

*V.M. Savosko, M.A. Nevyadomsky, P.Y. Kudriava*

We study the leading physical (density addition, the density of the solid phase, porosity), chemical (content of mobile forms of iron, exchangeable bases) and physical and chemical (topical, exchange acidity) of the substrates of the mine tailings ponds at Kriviy Rih iron ore region. Found that investigated the physical and chemical properties of substrates differ substantially from the zonal soils of the region, which is an obstacle to the creation cultural phytocenosis at the man-made landscapes.

УДК: 631.4 +631.5

Савосько В.М., Невядомський М.А., Кудрява П.Ю. Фізико-хімічні властивості субстрати шахтних хвостосховищ Кривбасу // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2010. – Вип. 15, № 1. – С. 88–97.

Вивчено провідні фізичні (щільність складення, щільність твердої фази, пористість), хімічні (вміст рухомих форм заліза, обмінні основи) та фізико-хімічні (актуальна, обмінна кислотності) властивості субстратів шахтних хвостосховищ Криворізького залізорудного регіону. Встановлено, що вивчені фізико-хімічні властивості субстратів суттєво відрізняються від зональних ґрунтів регіону, що є перешкодою для створення культурфітоценозів на цих техногенних ландшафтах.

Бібл. 9. Табл. 1. Рис. 4.