

UDK 631.61:631.171

N. E. Zhuravel¹,E. N. Drozd²,D. V. Diadin³,V. V. Iaremenko⁴¹TOV «SVNTs Intellect-servis LTD»²National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky»³M. Beketov National University of Urban Economy at Kharkiv⁴Joint venture «Poltava Petroleum Company»Email: scentris@ukr.net, elena_drozd@ukr.net, dmdyadin@gmail.com, ecology@ppc.net.ua

FEATURES OF AGROPHYSICAL STATE AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN REMEDIATED DRILLING SITES AGROECOSYSTEMS

Abstract. Purpose – to estimate the agrophysical properties of soils and levels of heavy metals accumulation in agroecosystems of old remediated drill sites by the example of drilling site of the borehole № 23 Ignativka oil and gas field.

Research methods - field, analytical, statistical, analysis, and synthesis.

Results. Agrophysical properties of soils and heavy metals accumulation were investigated at the reclaimed drilling site within Ignativka oil and gas field in Poltava region. The drilling site of the borehole № 23, which was constructed and operated in 1980-s, was sampled in 32 points located uniformly at 3.6 ha. Background samples were taken at undisturbed arable site 200 m southwestwards from the borehole. Soil samples were taken from three intervals (0–30, 30–60 and 60–100 cm) and metals concentrations were measured by spectrometric analysis. Additional samples were taken selectively at 9 of 32 points for labile and immobilized metal forms analysis. Besides the soil density was measured using While Soil penetrometer at the depth 0–60 cm at every 3 inches. Soil sampling at three points were accompanied by corn crops investigations including visual inspections, height measurements and analysis of heavy metals levels in plants.

Topsoil (8–30 cm) density at the investigated site varied mainly from 60 to 140 psi. The areas of elevated density up to 240–260 psi were identified close to the borehole mouth and flare pit pipelines. Underlying soil horizon (35–60 cm) has noticeably higher density varied from 260 to 400 psi with the maximum of 380 psi in the center of the former drilling site. Mean background density is measured as 100.8 psi for topsoil (8–30 cm) and 309.2 psi for the second soil horizon (35–60 cm).

Total metals concentrations in soils varied widely within the site and with depth. The highest variation is found for Ag, Ba, Pb, Ca, Zn and Mo that are typical components of drilling muds. Concentrations of these metals exceed the background and threshold values (for Pb, Zn) predominantly in topsoil (0–

30 cm). Concentrations of labile and immobilized forms of metals also vary quite extensively and tend to decrease with depth significantly. The labile form of Pb exceeds threshold value for arable soils in 5 of 9 samples taken from the topsoil (0–30 cm).

Agricultural crops (corn) within the reclaimed drilling site have noticeably low height of sprouts obviously due to elevated density of topsoil. In spite of high concentrations of heavy metals in soils, their translocation coefficients are mostly low except Ag and Mo.

Elevated density of soils, intensive soil pollution by heavy metals and agricultural crops alteration are the direct consequences of drilling activities and improper land reclamation. In spite of the long time gone, soils are highly polluted by Ba, which comes in barite drilling muds, and other accompanying metals such as Pb, Zn, Ag and Mo. However the levels of accumulation in crops are low for the most part of investigated metals.

Keywords: oil and gas extraction, drilling site, land reclamation, heavy metals, soil pollution, soil density

УДК 631.61:631.171

Н. Е. Журавель¹,

Е. Н. Дрозд²,

Д. В. Дядин³,

В. В. Яременко⁴

¹ООО «СВНЦ Интеллект-сервис ЛТД»

²Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского»

³Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова

⁴Совместное предприятие «Полтавская газонефтяная компания»

Email: scentris@ukr.net, elena_drozd@ukr.net, dmdyadin@gmail.com, ecology@ppc.net.ua

ОСОБЕННОСТИ АГРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОЭКОСИСТЕМЕ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ БУРОВЫХ ПЛОЩАДОК

Установлено, что почвенный покров на рекультивированных площадке скважины, пробуренной в советские времена, характеризуется повышенной плотностью сложения почвы относительно фоновых значений. Пахотный слой исследуемых почв характеризуется очень высокими показателями вариации валового содержания Ag, Ba, Pb, Ca, Mo, Zn. Распределение содержания бария характеризуется наличием очень высокого аномалии в центре участка (превышение над фоном 300 раз). Концентрации подвижных форм свинца превышают ПДК для сельскохозяйственных почв в 2-33 раза. Однако коэффициенты биологического поглощения Pb и Ba составляют менее 1,0, то есть активного перехода их в растения не зафиксировано.

Ключевые слова: добыча нефти и газа, бурение, мелиорация земель,

тяжелые металлы, загрязнение почв, плотность сложения почвы

УДК 631.61:631.171

М. Ю. Журавель¹,

О. М. Дрозд²,

Д. В. Дядін³,

В. В. Яременко⁴

¹ ТОВ «СВНЦ Інтеллект-сервіс ЛТД»

² ННЦ «Інститут агрохімії та ґрунтознавства ім. О.Н. Соколовського»

³ Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

⁴ Спільне підприємство «Полтавська газонафтова компанія»

ОСОБЛИВОСТІ АГРОФІЗИЧНОГО СТАНУ ТА НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В АГРОЕКОСИСТЕМІ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ

Установлено, що ґрунтовий покрив на рекультивованому майданчику свердловини, що пробурена в радянські часи, характеризується підвищеною щільністю ґрунту відносно фонових значень. Орний шар досліджуваних ґрунтів характеризується дуже високими показниками варіації валового вмісту Ag, Ba, Pb, Ca, Mo, Zn. Розподіл вмісту барію характеризується наявністю дуже високої аномалії в центрі ділянки (перевищення над фоном 300 разів). Концентрації рухомих форм свинцю перевищують ГДК для сільськогосподарських ґрунтів у 2–33 рази. Проте коефіцієнти біологічного поглинання Pb і Ba становлять менше 1,0, тобто активного переходу їх у рослини не зафіксовано.

Ключові слова: видобуток нафти і газу, буріння, меліорація земель, важкі метали, забруднення ґрунтів, щільність складення ґрунту.

Вступ. Розробка нафто-газових родовищ традиційно розглядається як один з найбільш небезпечних для навколишнього середовища вид виробничої діяльності. Тимчасове вилучення земель із сільськогосподарського обігу для будівництва або капітального ремонту свердловин призводить до накопичення на обмеженому майданчику декількох тисяч тонн мінеральних органічних та органічних компонентів бурових розчинів, що разом з прокладанням трубопроводів може мати такі негативні наслідки, як погіршення агрофізичних, агрохімічних властивостей та забруднення важкими металами рекультивованих земель штучно функціонуючої системи агроландшафту (Журавель, 1997).

Рекультивація земель є обов'язковою складовою технологічних процесів, пов'язаних з відновленням порушених земель. Рекультивація повинна здійснюватися у два послідовних етапи: технічний і біологічний. Згідно з нормативними документами, технічний етап рекультивації містить підготовку ділянки для наступного цільового використання, а біологічний етап складається із комплексу агротехнічних і фітомеліоративних заходів з відновлення родючості

порушених земель. Земельні ділянки в період здійснення біологічної рекультивації в сільськогосподарських цілях повинні проходити стадію меліоративної підготовки з вирощуванням однорічних, багаторічних злакових і бобових культур для відновлення і формування кореневмісного шару та його збагачення органічними речовинами (ГСТУ 41-00032626-00-023-2000).

Процеси рекультивації, характерні для радянських часів, містили вирівнювання мінеральної маси бурового майданчика без вилучення залишків компонентів бурових розчинів, перекриття мінерального ґрунту бурового майданчика шаром гумусового горизонту, що складався по периферії майданчика (від 10 до 40 см), біологічна рекультивація не проводилася. Землі бурового майданчика використовували для землеробства відразу після рекультивації. Наслідком цього є переважання у складі ґрунтів частин компонентів мінеральних розчинів.

За космічними знімками старі майданчики вирізняються площинними аномаліями різних тонів, і вони займають досить значну площу в аграрних ландшафтах регіону. Отже, постає необхідність детального вивчення агрофізичного стану та вмісту важких металів на бурових майданчиках, рекультивованих за радянських часів.

Мета роботи – оцінити агрофізичний стан ґрунтів та рівні накопичення важких металів в агроекосистемі старих рекультивованих бурових майданчиків на прикладі свердловини № 23 Ігнатівського родовища.

Об'єкт досліджень – зміни агрофізичних властивостей та рівнів умісту важких металів у ґрунтах агроекосистеми старих рекультивованих бурових майданчиків.

Методи дослідження. Дослідження проводили на ділянці розташування свердловини №23 в Полтавській області на території Ігнатівського родовища. Ця свердловина інтенсивно експлуатувалася у 80-ті рр. минулого століття. У подальшому свердловину було законсервовано та проведено рекультиваційні роботи. Досліджуваний ґрунт – чорнозем звичайний середньо суглинковий на лесах. Певний ступінь трансформованості ґрунтів підтверджувався і візуально на супутникових знімках ділянки.

У межах рекультивованого майданчика св. №23 на площі 3,6 га (200x180 м) були закладені 32 точки дослідження, розташовані за рівномірною сіткою у шаховому порядку. Одну точку як фонову було взято на відстані 200 м на південний захід від майданчика на ріллі за межами можливого впливу від буріння та рекультивації (рис.1). Усі точки було прив'язано до географічної системи координат за допомогою GPS.

У кожній з 33 точок за допомогою ґрунтового буру відбиралися всереднені проби ґрунту з трьох інтервалів – 0–30, 30–60 та 60–100 см – для визначення валового вмісту металів методом спектрального аналізу. У дев'яти вибіркових опорних точках з 32 на рекультивованому майданчику відбиралися додаткові проби з тих самих інтервалів для проведення аналізу на рухомі та міцнофіксовані форми металів (Перельман, 1999).

Також у кожній з 33 точок випробування проводили вимірювання щільності ґрунтів з поверхні землі до глибини 60 см за допомогою пенетрометра While Soil

на глибині 0–60 см по всій площі рекультивованого майданчика свердловини №23 і у фоновій точці. Вимірювання проводили з інтервалом у 3 дюйми (7,62 см) до глибини 24 дюйми (61 см) трикратно у кожній точці. Усереднені результати трикратних вимірювань для кожної точки використовувалися для подальшої обробки та аналізу.

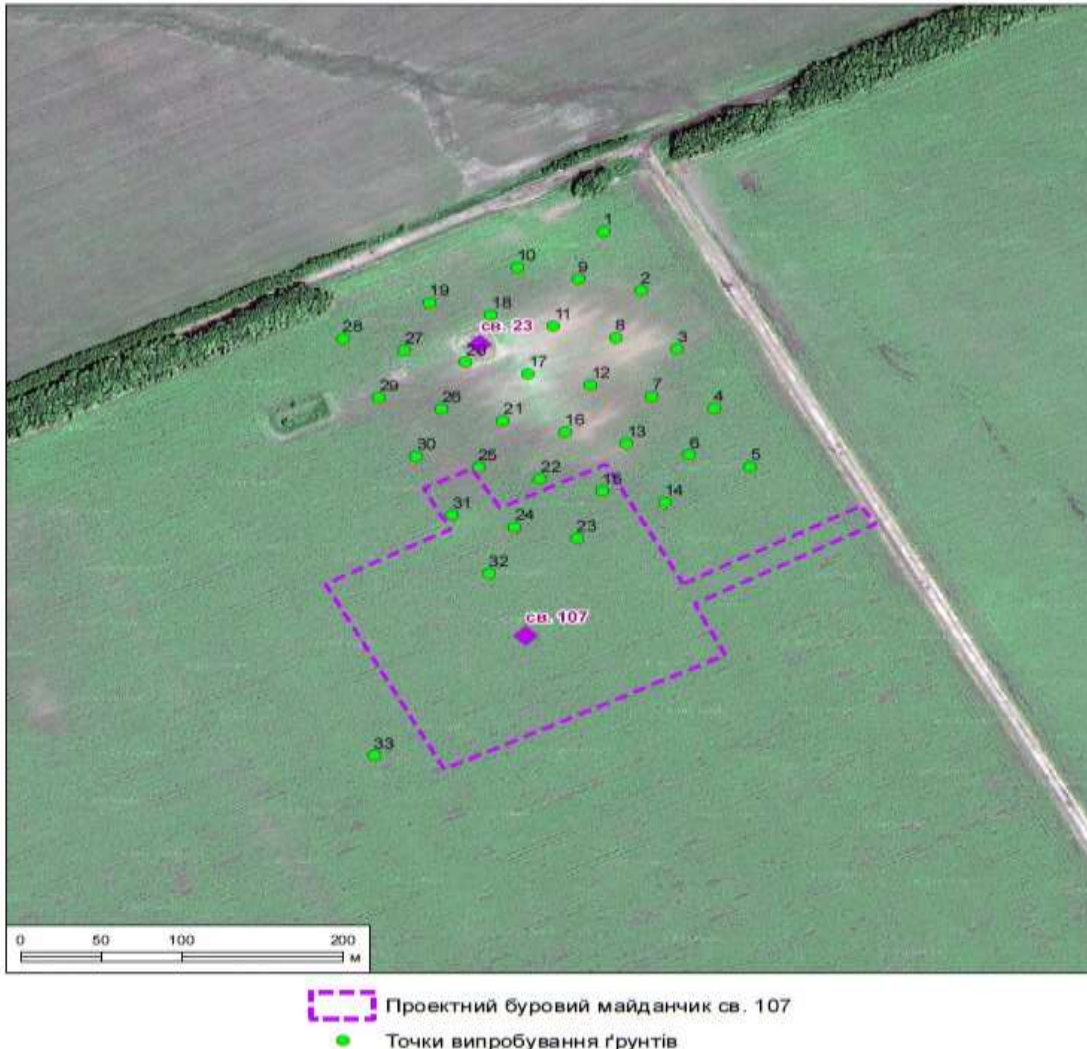


Рис. 1. Схема дослідження стану рекультивованих ділянок ґрунтів на території діяльності СП ПГНК

У трьох точках, які збігалися з точками ґрунтових досліджень, вивчали стан вирощуваної сільськогосподарської культури (кукурудзи) шляхом візуальних обстежень, вимірювань висоти сходів та визначення рівня накопичення важких металів у зеленій масі.

Аналітичні дослідження зразків ґрунту та рослин проводили в атестованій лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (свідоцтво про атестацію №100-153/14) за атестованими та стандартизованими методиками.

Уміст важких металів та валових концентрацій інших макро- та мікроелементів у ґрунтах за методикою емісійного спектрального аналізу визначали в лабораторії Кримського відділення УкрДГРІ (м. Сімферополь,

свідоцтво про атестацію №064).

Результати та обговорення. За результатами вимірювань щільності ґрунту було побудовано карти щільності в інтервалах 8–30 см та 35–60 см (рис. 2), які дозволили оцінити просторовий розподіл цієї величини.

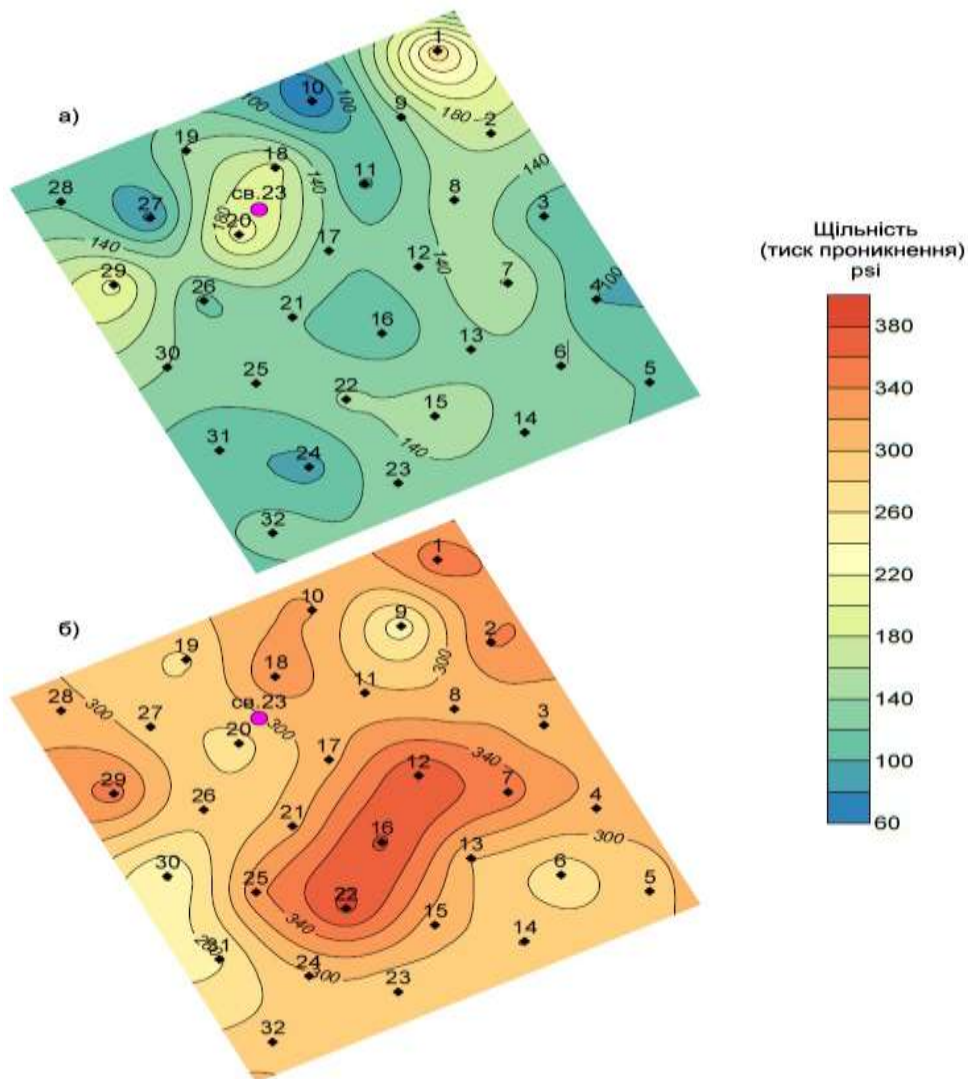


Рис. 2. Щільність ґрунтів на ділянці св. №23 Ігнатівського родовища в інтервалі 8–30 см (а) і 35–60 см (б)

Перший інтервал глибини вимірювань (8–30 см), який фактично відповідає орному шарові ґрунту, характеризується величиною ущільнення (тиском проникнення) переважно від 60 до 140 psi. Зони підвищеної ущільненості із тиском 140–240 psi зустрічаються біля устя свердловини (точки 18 і 20), у західній частині майданчика у напрямку шлейфу на амбар (точка 29) та північно-східному куті (точка 1). В останній точці тиск проникнення щупу сягав максимальних для такої глибини значень – 260 psi. Другий інтервал вимірювань (35–60 см), який відповідає підорному горизонтові, виявляє помітно підвищені відносно першого значення ущільненості. Діапазон тиску проникнення щупу тут становить від 260 до 400 psi. У центрі майданчику чітко виділяється зона з найвищим ущільненням – точки 12, 16, 22, де тиск проникнення є максимальним (більше 380 psi). Очевидно, що ця ділянка була центром найактивніших пересувань важкої техніки під час буріння свердловини і тому зазнала найбільшого ущільнення підорного

ISSN 2225-8701. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. 2014. № 2

шару. Усереднена щільність першого інтервалу ґрунту у фоновій точці №33, яка розташована за межами рекультивованого майданчика, становить 100,8, а другого – 309,2 рсі. На картах позначено, що щільність обох ґрунтових горизонтів на більшій частині площі є підвищеною відносно фону, особливо в аномальних зонах.

Визначення щільності складення за ДСТУ ISO 11272 засвідчило, що в орному шарі фонових ґрунтів вона переважно знаходиться в межах оптимальних значень і становить 1,2-1,3 г/см³, натомість у рекультивованих ґрунтах цей показник становить 1,5-1,7 3 г/см³.

За допомогою спектрального аналізу було визначено валовий уміст металів у ґрунтах. Визначені валові концентрації металів підлягали статистичній обробці, яка вмістила розрахунки загальноприйнятих статистичних величин – середніх арифметичних значень, середньоквадратичного відхилення та коефіцієнтів варіації. Результати статистичної обробки засвідчили, що ділянка випробування характеризується високою неоднорідністю валових концентрацій елементів в усіх трьох горизонтах (0–30, 30–60 та 60–100 см від поверхні). Між собою горизонти відрізняються зменшенням ступеня варіації з глибиною (табл. 1).

1. Варіація валового вмісту металів за горизонтами випробування на ділянці свердловини №23

Горизонт	Кількість металів з $K_{\text{вар.}} > 20\%$	Ряди варіативності (за зменшенням $K_{\text{вар.}}$)
0 – 30 см	7	Ag 257, Ba 248, Pb 202, Ca 73, Mo 32, Zn 25, Na 20
30 – 60 см	5	Ag 344, Ba 288, Pb 191, Mo 111, Ca 60
60 – 100 см	3	Ba 109, Ca 60, Ag 24

Найвищі значення коефіцієнтів варіації виявили Ag, Ba, Pb, Ca, Mo. Наведена група металів є типовою складовою бурових розчинів, як у вигляді основних компонентів (Ba, Ca), так і у вигляді домішок (Pb, Mo, Ag). Очевидно, що причиною неоднорідності їхнього розподілу на рекультивованій ділянці є нерівномірність розташування локальних джерел їхнього надходження у ґрунти – місць складування концентратів для виготовлення бурових розчинів, бурових амбарів тощо. Закономірності просторового розподілу валових концентрацій металів у метровому шарі ґрунту вивчали для групи металів, уміст яких виявляє найвищу варіацію на ділянці і є підвищеним відносно фону або ГДК. До цієї групи потрапили такі метали – Pb, Ba, Zn, Ag, Mo. Серед інших металів барій виступає основним індикатором наслідків буріння свердловини в радянські часи. Використання баритового концентрату (BaSO_4) з поліметалічних родовищ Середньої Азії та Кавказу для виготовлення важких бурових розчинів пояснює наявність свинцю, цинку, срібла і молібдену у відходах буріння. Ці елементи утворюють парагенетичну мінералогічну асоціацію в сульфідних та поліметалічних рудах.

Дослідження валового вмісту важких металів дозволило виявити наступні закономірності. Основне накопичення барію, свинцю, срібла і цинку спостерігається у ґрунтовому шарі 0–30 см і з глибиною їхній уміст суттєво знижується. Концентрації молібдену переважають у шарі 30–60 см, але фактично

за рахунок однієї точки з аномальним умістом цього металу (№17). Осередок аномального вмісту більшості металів займає центральну частину рекультивованої ділянки свердловини і сконцентрований переважно навколо точок дослідження №№16, 17, 21. Точкою з найвищими аномальними концентраціями 4 з 5 металів (окрім Zn) в усіх трьох горизонтах є точка №17. Розподіл концентрацій цинку за площею у шарах 30-60 см та 60-90 см дещо зміщений відносно розподілу інших металів до південного боку майданчика свердловини. Це може бути пов'язано з більшою геохімічною рухливістю цинку та кращим ступенем його запозичення рослинами, що вирощуються на рекультивованій площі.

З тих хімічних елементів, для яких встановлені ГДК у ґрунтах, перевищення спостерігалися за Pb (у 19 разів для орного шару) та Zn (у 3 рази для орного шару).

Аналіз наявних концентрацій свинцю свідчить, що в 13 точках із 32 перевищується не тільки загальносанітарний, але й транслокаційний показник шкідливості, що відповідає високо небезпечній категорії забрудненості ґрунтів (Санитарные нормы...,1987), а в 2 точках – перевищуються всі показники шкідливості, що відповідає надзвичайно небезпечній категорії.

Дослідження вмісту рухомих і міцно фіксованих форм важких металів виявило, що всереднені концентрації важких металів у переважній більшості зменшуються вниз за профілем. Найзначніші зменшення концентрацій із глибиною спостерігаються для всіх форм Pb і Zn (зокрема, концентрації рухомих форм Pb в шарах 0 – 30 см та 60-90 см відрізняються в середньому у 40 разів). Але, враховуючи високі коефіцієнти варіації цих металів за площею, вважати такий розподіл характерним для всієї ділянки є достатньо умовним припущенням. Валові концентрації, що є фактично більш інтегральними та усередненими показниками мінерального складу ґрунтів, виявляють помітно менші тенденції до змін з глибиною. Слабка тенденція до збільшення концентрації з глибиною виявляється лише для рухомих форм Cr і Fe. Усі горизонти випробування характеризуються високими величинами варіації концентрацій рухомих форм металів – коефіцієнти варіації для 21 з 27 результатів складають більше 50%. Міцнофіксовані форми металів мають меншу варіацію – 11 з 27 результатів перевищують 50%. Найменшою варіацією характеризуються валові концентрації металів – коефіцієнти варіації перевищують 50% лише для Pb в першому (0–30 см) та другому (30–60 см) ґрунтових горизонтах.

За результатами оцінки перевищення ГДК у ґрунтах для рухомої форми свинцю виявлено у 5 з 9 проб із верхнього горизонту (0–30 см), в 1 пробі горизонту 30–60 см та 1 пробі з горизонту 30–60 см. Серед інших металів перевищення ГДК зафіксовано лише для Mn в одній пробі. Усереднена концентрація рухомої форми свинцю складає 17,3 мг/кг і перевищує ГДК в шарі 0-30 см у 8,6 разу, у шарі 30 – 60 см - 6,0 мг/кг, що перевищує ГДК у 3 рази.

Біогеохімічні дослідження засвідчили, що сільськогосподарські культури (кукурудза) мають пригнічений ріст на рекультивованих ґрунтах за рахунок їхнього ущільнення. Серед металів відносно аномальне накопичення зафіксовано у листі для Mo і Ag, які можуть виступати супутніми компонентами баритового

концентрату. Для визначення особливостей транслокації хімічних елементів із ґрунту в рослини були розраховані коефіцієнти біологічного поглинання як відношення вмісту елементу в золі рослини до вмісту елементу в орному шарі ґрунту на цій же ділянці. Ряд біологічного поглинання за значеннями коефіцієнтів A_i , усередненим за всіма точками дослідження, набуває такого вигляду:

P	Ag	Mo	B	Mg	Cu	Ca	Zn	Be	Mn	Bi
10,19	→ 5,98	→ 5,54	→ 3,95	→ 3,90	→ 3,50	→ 2,44	→ 1,23	→ 0,76	→ 0,75	→ 0,72
Pb	Zr	Na	Si	Cr	Ni	V	Fe	Al	Ba	
0,68	→ 0,30	→ 0,27	→ 0,22	→ 0,14	→ 0,11	→ 0,07	→ 0,06	→ 0,06	→ 0,03	

Отриманий розподіл досліджених хімічних елементів на групи за ступенем біологічного накопичення майже повністю відповідає рядам біологічного поглинання, які відображають загальні закономірності біогеохімічної міграції елементів (Перельман, 1999), і це свідчить про достовірність проведених аналізів. Проте, деякі елементи потрапили не до властивої їм категорії, тобто виявили здатність до більшої або меншої інтенсивності накопичення в рослинах, ніж слід очікувати за їхніми властивостями. Наприклад, з достатньо високими A_i виявилися Mo і Ag, які мають середні і низькі рівні накопичення у рослинах. Інші ж елементи, коефіцієнти яких відрізнялися від очікуваних діапазонів, не являють собою значних аномалій і перебувають у межах можливих варіацій значень.

Коефіцієнти біологічного поглинання Pb і Ba, не зважаючи на аномальні концентрації цих металів в орному шарі ґрунтів, становлять менше 1,0, тобто активного переходу їх у рослини не зафіксовано, оскільки барій – елемент слабого біологічного накопичення, а для свинцю – вміст у ґрунтах такий високий, що створюється біологічний бар'єр для його накопичення.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що ґрунтовий покрив на рекультивованому майданчику свердловини, пробуреної в радянські часи, характеризується підвищеною щільністю ґрунту відносно фонових значень, особливо в інтервалі 30–60 см, який під час будівництва свердловини фактично підстилав поверхню землі. Ґрунтовий горизонт 0–30 см у межах ділянки дослідження характеризується дуже високими показниками варіації валового вмісту Ag, Ba, Pb, Ca, Mo, Zn, що свідчить про техногенне походження привнесення та подальшого перерозподілу цих металів. Аналіз розподілу концентрацій цих металів показав наявність чіткого осередку забруднення ними в центрі майданчика свердловини, яке найбільше сконцентровано в горизонті 0–30 см виявленому осередку забруднення концентрації свинцю перевищують ГДК для сільськогосподарських ґрунтів у 2–33 рази, що відповідає надмірно небезпечній категорії забрудненості ґрунтів і не дозволяє використовувати цю ділянку для вирощування сільськогосподарських культур за чинними нормативними документами. Розподіл умісту барію, який виступає основним компонентом бурових розчинів у складі баритового концентрату, також характеризується наявністю дуже високої аномалії в центрі ділянки – перевищення над фоном сягають 2–300 разів. Усереднені концентрації вмісту рухомих форм важких металів у переважній більшості зменшуються вниз за профілем. Слабка тенденція до збільшення концентрації з глибиною виявляється лише для рухомих форм Cr і Fe. У вирощуваних рослинах відносно аномальне накопичення зафіксовано в

листі для Мо і Аg, які можуть виступати супутніми компонентами баритового концентрату. Коефіцієнти біологічного поглинання Рb і Ва, не зважаючи на аномальні концентрації цих металів в орному шарі ґрунтів, становлять менше 1,0, тобто активного переходу їх у рослини не зафіксовано.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Рекультивация земель під час спорудження нафтових і газових свердловин: ГСТУ 41-00032626-00-023-2000. – Офіц вид. – К: Мін-во екології та природних ресурсів України, 2000. – 23 с. (Галузевий стандарт України).

“Rekul'tyvacija zemel' pid chas sporudzhennja naftovyh i gazovyh sverdlovyh”, 2000, GSTU 41-00032626-00-023-2000, Ofic vyd., K., Ministerstvo ekologii' ta pryrodnyh resursiv Ukrai'ny, 23 p., (Galuzevyj standart Ukrai'ny).

Журавель М. Ю. Трансформація властивостей та стану чорноземних ґрунтів внаслідок аварійного забруднення нафтою / М. Ю. Журавель, О. М. Васильєв, М. М. Лилак // Нафтова і газова промисловість. – 1997. – № 1. – С. 48–50.

Zhuravel' M. Ju., 1997, “Transformacija vlastyvostej ta stanu chornozemnyh g'runtiv vnaslidok avarijnogo zabrudnennja naftoju”, Naftova i gazova promyslovist', № 1, S. 48–50.

Визначення забруднення ґрунтів навколо бурових площадок (методичні вказівки): КНД 41-00032626-00-326-99. – [Чинний від 1999-04-24]. – К.: Держкомекології, 1999. – 46 с. (Керівний нормативний документ).

“Vyznachennja zabrudnennja g'runtiv navkolo burovyh ploshhadok (metodychni vказivky)”, 1999, KND 41-00032626-00-326-99, [Chynnyj vid 1999-04-24], K., Derzhkomekologii', 46 p., (Kerivnyj normatyvnyj dokument).

Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М.: МГУ, 1999. – 610 с.

Perel'man A. Y. “Geohymija landshafta”, M., MGU, 610 s.

Санитарные нормы допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве. Утвержд. 30.10.1987 г. №4433-87. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v4433400-87>.

“Sanytarnye normi dopustymih koncentracij (PDK) hymycheskyh veshhestv v pochve”, Utverzhd, 30.10.1987 g, №4433-87, [Elektronnyj resurs], Rezhym dostupu <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/v4433400-87>.

Рекомендовано до друку: д-р с.-г. наук, проф. А. І. Фатєєв