

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

**Козыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Ажикина Н.Ж., Мураталиев А.Ф., Сағат Н.
ФИЗИЧЕСКИЕ, ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ
ОПЫТНОГО УЧАСТКА, ЗАЛОЖЕННОГО НА ТЕРРИТОРИИ РИДДЕРСКОГО ЦИН-
КОВОГО ЗАВОДА**

*Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
имени У.У.Успанова, 050060 Алматы, проспект аль-Фараби, 75 В, Казахстан,*

e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru, beiseeva2009@mail.ru

Аннотация. На территории в радиусе 2 км обнаружено сильное влияние выбросов завода на почвенно-растительный покров, который подвергнут сильным эрозионным процессам. Анализы водно-физических свойств показали, что влажность почв увеличивается с глубиной (20-30 см). Увеличение объемной массы в почвах вблизи цинкового завода объясняется существенным влиянием тяжелых металлов (ТМ). Они разрушают состав органических кислот, что соответственно влияет на агрегатное состояние, идет увеличение тонких фракций, из ППК вытесняется поглощенный кальций, разрушаются агрегаты и происходит уплотнение, особенно верхних горизонтов. Невысокое содержание гумуса объясняется тем, что на поверхности черноземов исчезли практически все растительные сообщества. Обеспеченность почв усвояемыми формами азота и подвижным фосфором невысокая. Содержание подвижного калия высокое.

Ключевые слова: эрозия, тяжелые металлы, водно-физические, агрохимические свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Устойчивый рост основных экономических показателей Казахстана в последние годы во многом обеспечен развитием добывающих и перерабатывающих отраслей. Дальнейшее повышение деловой активности, связанное с разведкой, добычей, переработкой и транспортировкой минеральных ресурсов, неизбежно приводит к интенсификации негативного воздействия на почвенный покров, атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, флору, фауну и на здоровье населения.

Известно, что в мире нет другой отрасли хозяйства, которую можно было бы сравнить с горнодобывающей промышленностью, по силе негативного воздействия на природные ресурсы. Почва выполняет множество экологических и социально-экономических функций, включая способность удалять загрязняющие вещества из окружающей среды посредством фильтрации и адсорбции. Эта способность и способность почвы к восстановлению означа-

ют, что ущерб не осознается до тех пор, пока этот ущерб не станет очевидным. Следуя принципу экологической предосторожности и учитывая медленные темпы почвообразования, можно почву причислить к лимитированным и не возобновляемым в пределах 50-100 лет природным ресурсам. Возрастание числа источников загрязнения почвы вносит свой вклад потребительский образ жизни: отходы городского хозяйства, потребление энергии, транспорт и выброс выхлопных газов [1]. Основное последствие воздействия этих факторов заключается в уменьшении буферной способности почвы, то есть способности почвы адсорбировать загрязняющие вещества.

Деградация и загрязнение почв - следствие горнорудных работ, сельскохозяйственного производства, природных явлений (оползни, сели, наводнения, лесные пожары, бессистемная вырубка лесных массивов, аварийные ситуации на производствах, загрязнения отходами и брошенными боеприпасами бывших военных полигонов и т.д.). По данным

Глобального Экологического Фонда, (2003) в глобальном масштабе 1035 миллионов га (территория равна размеру Канады) поверхности земли подвержены деградации, вызванной деятельностью человека. Более трети земной поверхности в Центральной и Восточной Европе, более 16 % земель в ЕС также подвержены деградации. В Центральной Азии деградация земли привела к сокращению урожайности сельскохозяйственных культур на 20 – 30 % [2].

Физическая деградация выражается в ухудшении почвенной структуры и всего комплекса физических свойств, т.е. в разрушении физической основы почвы, и развивается везде, где применяются избыточные нагрузки механического, химического, водного или биологического характера. Физическая деградация может быть обусловлена различными природными факторами и развиваться в условиях естественных биогеоценозов в результате изменения климатических условий, естественных процессов выветривания, эрозии, опустынивания и т.д. Причиной физической деградации почв могут явиться также различного рода катастрофические процессы природного и антропогенного характера [3].

В Казахстане особую актуальность приобрели вышеперечисленные факторы. Богатые ресурсами недра республики разрабатываются во всех регионах шахтным либо открытым способом. Добыча и переработка различных полезных ископаемых характеризуется различными химическими процессами, которые сопровождаются выбросами в атмосферу различных газов. Они воздействуют на почвы или непосредственно в газовой форме (поглощаясь почвенным покровом) или предварительно взаимодействуют с парами воды и выпадают на поверхность Земли в виде дождя и снега [4]. Восточно-Казахстанская область в силу исторически сложившегося развития, связанно-

го с преобладанием горнодобывающей промышленности цветной металлургии, является одним из наиболее неблагоприятных регионов в Республике. Основные предприятия горно-металлургического комплекса расположены в зоне наиболее густой речной сети. Вследствие технической необходимости здесь же расположены наиболее крупные предприятия теплоэнергетики. Такое расположение означает, что все загрязняющие вещества с газообразными, жидкими и твердыми отходами от промышленных предприятий неизбежно попадают в речную сеть, почву, нанося экологический ущерб, как биоценозам, так и населению области. При этом нарушается почвенно-растительный покров территорий, порой происходит полное их уничтожение. Эти территории бесплодны, нередко токсичны, длительное время не зарастают, подвергаются эрозионным и деградационным процессам с ухудшением окружающей среды, нанося ощутимый ущерб здоровью человека [5, 6]. В данном случае происходит нарушение равновесия в функционировании биосферы, главной составной части существования жизни на земле.

Во всех промышленных регионах существуют экологически опасные зоны воздействия: терриконы, отвалы, карьеры, буровые скважины, отходы горнорудного производства площадью более 60 тыс. га, которыми постоянно загрязняются почвы. Только в результате деятельности предприятий цветной металлургии отходов накоплено свыше 2,2 млрд т. Площади, занимаемые накопителями отходов цветной металлургии, составляют около 15 тыс. га, из них отвалы горных пород занимают 8 тыс.га, хвосты обогатительных фабрик – около 6 тыс. га и отвалы металлургических заводов – более 500 га. Такого же порядка объемы отходов в черной металлургии и химической промышленности [7].

Одним из главных и целенаправленных мероприятий по возврату нарушенных земель в сельскохозяйственный оборот, улучшению среды обитания промышленных регионов, в целях охраны окружающей среды и полноценного функционирования биосферы является их рекультивация. Изучение процессов почвообразования и экосистемы нарушенных земель представляет научный интерес в теоретическом и практическом плане. Почвенный покров в условиях влияния горно-перерабатывающей промышленности подвергается загрязнению. Загрязнение негативно влияет на почвенную биоту и экосистемный подход в различных условиях техногенеза позволяет на научной основе дать экологическую оценку нарушенным почвам горно-перерабатывающего региона, разработать научно-обоснованные рекомендации и предложения по их рекультивации.

Цель работы: изучение влияния горной, металлургической и перерабатывающей промышленности на окружающую среду и разработка теоретических основ реабилитации загрязненных ландшафтов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются территории, находящиеся под влиянием выбросов предприятий перерабатывающей горнорудной промышленности ВКО. Влияние цинкового, свинцового заводов на окружающие ландшафты.

Методы исследования. Рекогносцировочный объезд территории, определение источников загрязнения и проявления эрозионных процессов.

Сравнительный почвенно-экологический метод контроля, загрязненный вариант. Полевые методы с закладкой почвенных разрезов и отбором почвенных образцов для лабораторно-аналитических исследований. Опреде-

ление физических свойств, химического состава почв производится общепринятыми методами в почвоведении. Изучение ритмов сезонного развития растений на рекультивируемой территории проводятся согласно общепринятым методикам принятых в ботанических садах. Опытные-полевые. Закладка фитомелиоративных опытов. Подбор ассортимента древесно-кустарниковых фитомелиорантов из районированных сортов, устойчивых к воздействию выбросов перерабатывающей промышленности. Агротехническая обработка участка, подготовка почв для посадки древесно-кустарниковых пород, внесение мелиоранта-биоугля. Результаты обработаны методом статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

На сильно эродированных участках были заложены почвенные разрезы и взяты почвенные и растительные образцы на исследование тяжелых элементов, которые выбрасываются заводом и осаждаются в виде аэрозолей на поверхности почвенного и растительного покрова.

По результатам исследований почвенно-растительного покрова в зоне влияния выбросов цинкового завода следует особо отметить голые без растений пространства, подвергнутые эрозионным процессам.

Разрез 1 заложен в 250 м от цинкового завода в восточном направлении на сильно эродированной поверхности склона, на левом берегу речки Тихая. На участке местами сохранились ивы, но значительные участки по площади без растительного покрова.

На поверхности растительность отсутствует (рисунок 1). На поверхности склона с уклоном 15-20° к речке образовались глубокие промоины и бороздки. Наблюдается смыл верхних слоев почвы в речку (рисунок 2).



Рисунок 1 - Участок без растительности



Рисунок 2 - Смыв почвы в речку Тихую

По гранулометрическому составу верхние горизонты характеризуются как суглинки тяжелые, иловато-крупно-пылеватые. С глубиной их состав изменяется, вследствие скопления тонких пылевато-илистых фракций и становятся легкой глинисто иловато-крупно-

пылевой. Передвижение тонких фракций почв по профилю и скопление их вниз лежащем горизонте свидетельствуют о формировании более уплотненного вмывного иллювиального горизонта (рисунок 3).

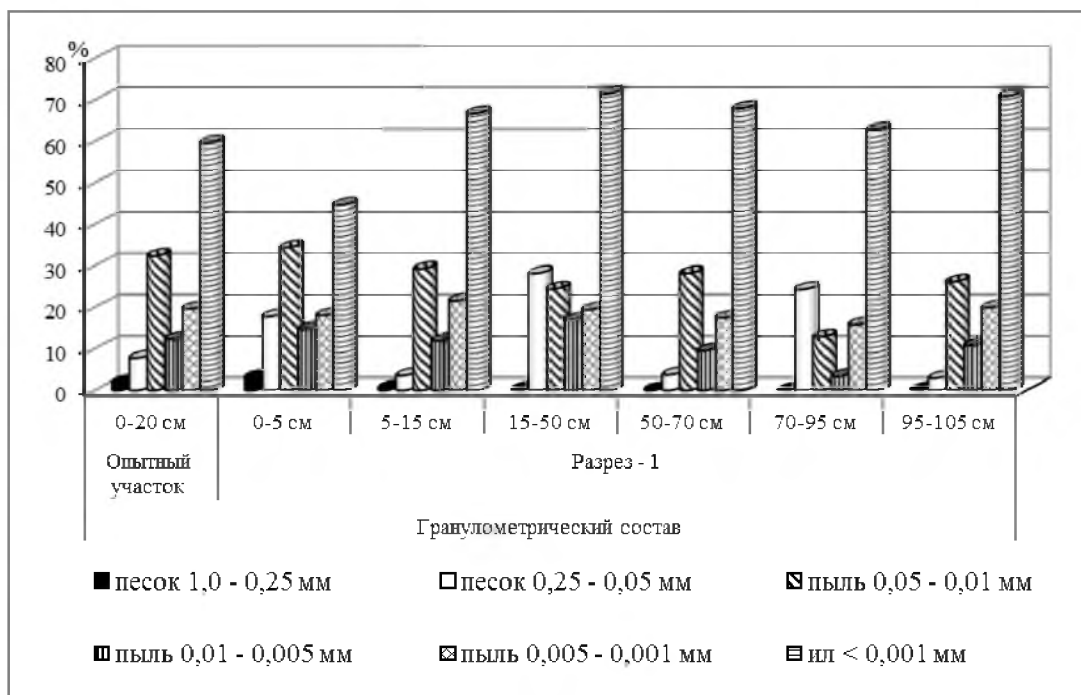


Рисунок 3 – Гранулометрический состав почв опытного участка, %

На исследуемых зональных эродированных почвах опытного участка полевая влажность в поверхностном слое (0-10 см) составляет 18,2-19,1 %. На варианте с биоуглем отмечается неболь-

шое увеличение полевой влажности. Сорбционные свойства биоугля функционируют. С глубиной полевая влажность увеличивается до 28,1 %. Климатические условия предгорий с атмо-

сферными осадками более 600–700 мм в год и тяжелосуглинистый гранулометрический состав влияют на количество полевой влаги в почве (рисунок 4).

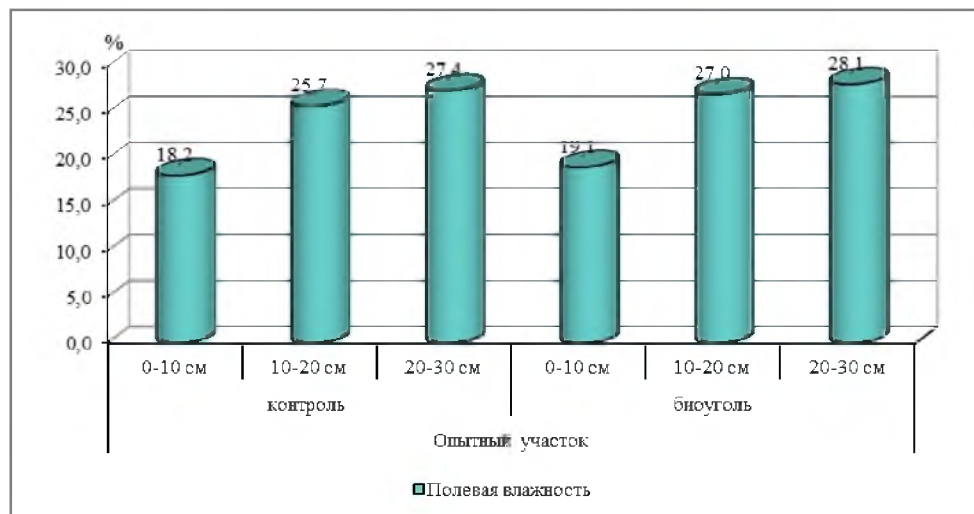


Рисунок 4 - Полевая влажность опытного участка, %

На исследуемых зональных эродированных почвах опытного участка объемная масса составляет 1,1-1,4 г/см³ (рисунок 5). Объемная масса деградированных почв выше, чем в черноземных почвах ненарушенных ландшафтов. Здесь также существенно

влияют ТМ, они разрушают состав органических кислот, что соответственно влияет на агрегатное состояние, идет увеличение тонких фракций, поглощенный кальций вытесняется, разрушаются агрегаты и происходит уплотнение, особенно в верхнем горизонте.

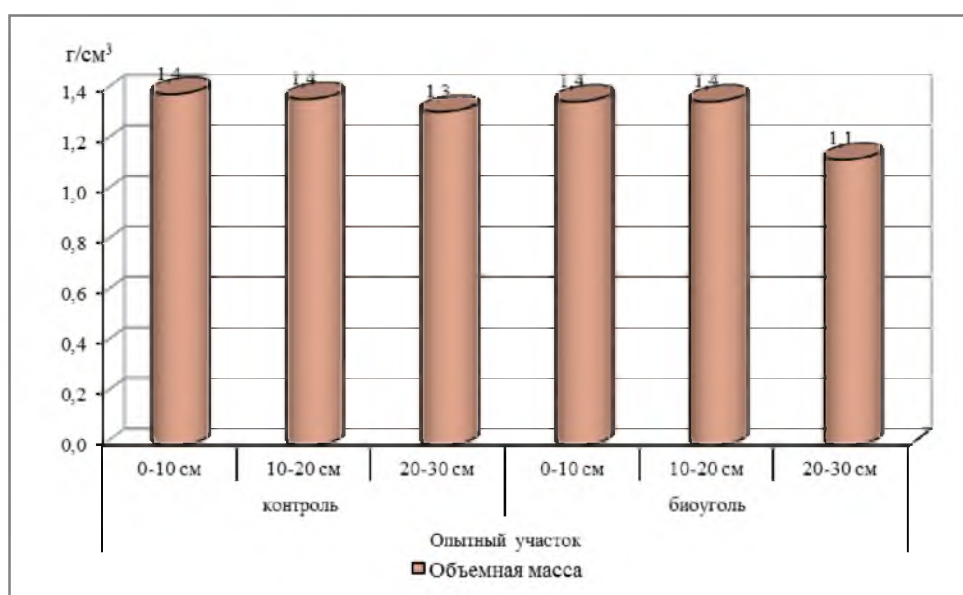


Рисунок 5 – Объемная масса почв опытного участка, г/см³

В исследуемой почве количество гумуса в верхнем горизонте составляет – 6,7 %. С глубиной отмечается посте-

пенное снижение содержания гумуса (рисунок 6).

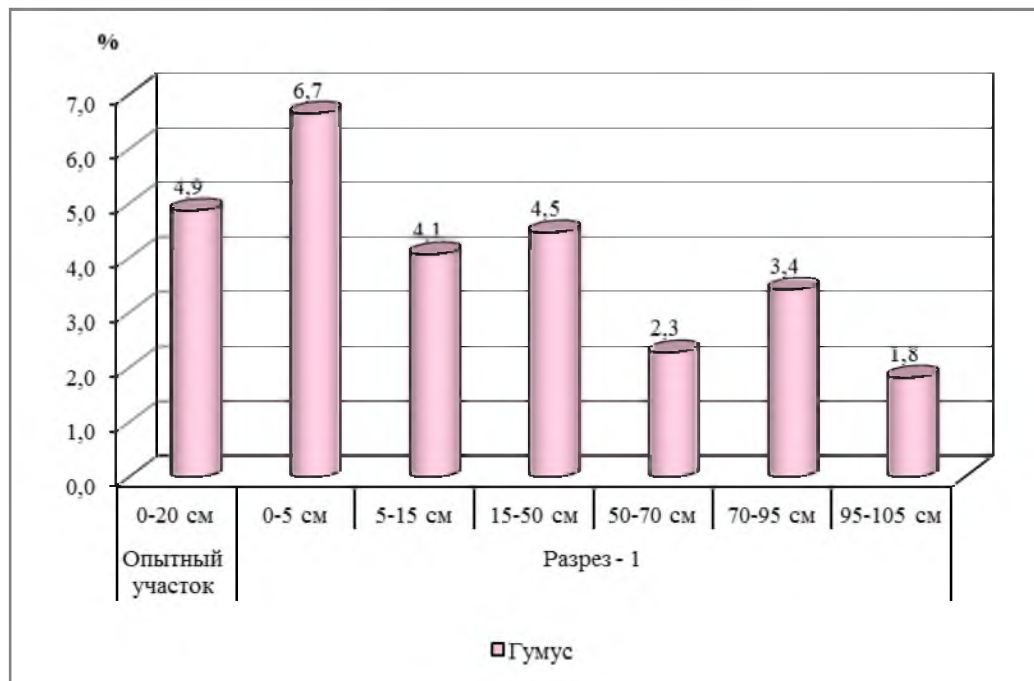


Рисунок 6 – Содержание гумуса, %

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, с проявлениями эрозийных процессов и частичной смытостью гумусного горизонта. Почва содержит 4,9 % гумуса. В сравнении с черноземом выщелоченным - контрольного варианта (6,7 %) в почве опытного участка произошло снижение содержания общего гумуса на 20 %. Об экологической опасности ТМ в мобилизации гумуса относительно в увеличении подвижных органоминеральных соединений и повышении доли фульвокислот в составе гумуса черноземных почв может привести к деградации. В черноземе гумус считается относительно устойчивой системой. В своих работах Т.М. Минкина и др., говорят о влиянии тяжелых металлов на свойства загрязненных почв [8, 9]. Так, ТМ оказывают влияние на кислотный со-

став гумусовых веществ, катионы ППК вытесняются ионами тяжелых металлов и по прочности связи поглощенных катионов с ППК металлы составляют убывающий ряд: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+} > \text{H}^{+}$. В черноземе обыкновенном снижается уровень рН, уменьшается нитратный азот и подвижный фосфор.

Сумма поглощенных оснований в почве опытного участка составляет 18,4 мг-экв. В составе поглощенных оснований преобладает кальций. Сумма поглощенных оснований почв разреза 1 составляет 12,0-25,81 мг-экв (рисунок 7). Уменьшение суммы поглощенных оснований следует объяснить проявлениями эрозийных процессов (явление смыва верхнего горизонта) и влиянием тяжелых металлов, комплексобразования и вытеснения поглощенных оснований.

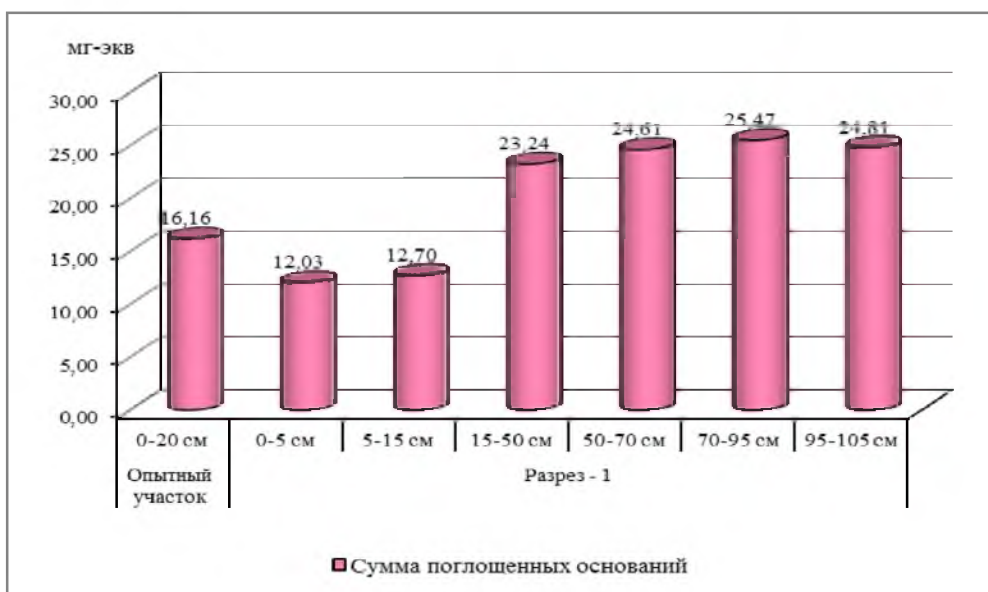


Рисунок 7 - Содержание поглощенных оснований, мг-экв

В ППК почв опытного участка произошли трансформационные процессы. Так, поглощенный катион кальция в условиях загрязнения выбросами цинкового завода снизился в верхних горизонтах. Произошло снижение суммы поглощенных оснований. Возможно, трансформационные процессы происходят и в других свойствах почвы,

исследуемого опытного участка. Это требует дальнейших изучений.

Обеспеченность почв усвояемыми формами азота и подвижным фосфором не высокая. Содержание подвижного калия составляет в 0-20 см слое 423,0 мг/кг. По профилю почв наблюдается уменьшение содержания подвижного калия (рисунок 8).

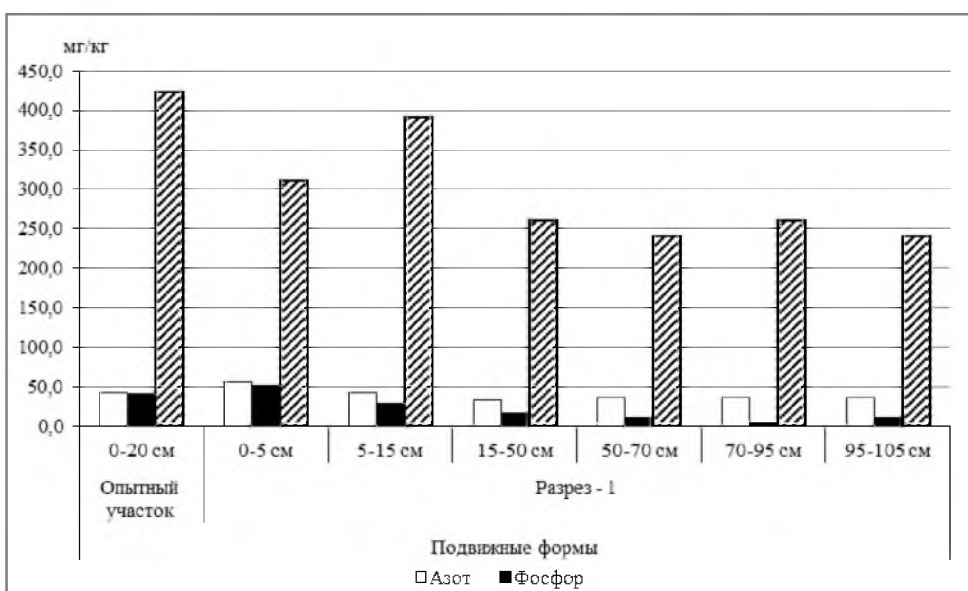


Рисунок 8 – Содержание валовых и подвижных форм азота, фосфора и калия

Было установлено, что наибольшая вариабельность наблюдается в содержании подвижного фосфора в 0 - 20 см горизонте (V % - 10,88), подвижного калия (V % - 4,76), коэффициент вариации в содержании легкогидролизуемого азота в 0 - 20 см горизонте почвы составляет (V % - 4,56).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный экосистемный подход в изучении влияния горно-металлургических предприятий на природную среду, почвенно-мелиоративные и биологические методы реабилитации ландшафтов создают условия для их восстановления.

В результате исследования выявили, что основным источником загрязнения опытного участка является цинковый завод. Ареал распространения выбросов завода в окрестности составляет 2 км, с особенным влиянием по розе ветров в восточном направлении от завода в сторону города. На территории в радиусе 2 км обнаружено сильное влияние выбросов завода на почвенно-растительный покров, которая подвергнута сильным эрозионным процессам.

Анализы водно-физических свойств показали, что влажность почв увеличивается с глубиной (20 - 30 см). В почвах объемная масса составляет 1,1 - 1,4 г/см³. Увеличение объемной массы в почвах вблизи цинкового завода объясняется существенным влиянием ТМ. Они разрушают состав органических кислот, что соответственно влияет на агрегатное состояние, идет увеличение тонких фракций, из ППК вытесняется поглощенный кальций, разрушаются

агрегаты и происходит уплотнение, особенно верхних горизонтов.

По гранулометрическому составу верхние горизонты характеризуются как суглинки тяжелые, иловато-крупнопылеватые. С глубиной их состав изменяется вследствие скопления тонких пылевато-илистых фракций и становятся легкой глинисто иловато-крупнопылевой. Передвижение тонких фракций почв по профилю и скопление их в ниже лежащем горизонте свидетельствуют о формировании более уплотненного вымывного иллювиального горизонта.

Содержание общего гумуса в исследуемой почве показала, что количество гумуса в верхнем горизонте составляет - 6,7 %. С глубиной отмечается постепенное снижение содержания гумуса. Невысокое содержание гумуса объясняется тем, что на поверхности черноземов исчезли практически все растительные сообщества. Соответственно нет и корней. Оставшиеся в небольшом количестве растения не дают достаточного для образования гумуса корневого и наземного опада. Тем не менее, содержание гумуса 6,3 % в гумусово-аккумулятивном горизонте относит изучаемые черноземы к виду среднегумусированных.

Сумма поглощенных оснований составляют 9,1 - 18,4 мг-экв. Для черноземных почв это низкие величины. ТМ образуют комплексы вытеснив из ППК поглощенные основания.

Обеспеченность почв усвояемыми формами азота и подвижным фосфором невысокая. Содержание подвижного калия высокое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ЕЕА (European Environment Agency) *Environmental signals 2002. Benchmarking the millennium*. Environmental assessment report No 9. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2002. – 148 pp.

2 Доклад о мировом развитии 2003 года. Устойчивое развитие в меняющемся мире. Преобразование институтов, рост и качество жизни / Пер. с англ. – М.: Изд-во «Весь Мир», 2003. – 280 с.

3 Деградация и охрана почв / под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 33-60.

4 Akhanov J.U., Shainberg I.M., Otarov A., Ibraeva M.A. Soils protection from irrigation erosion and selection of optimal methods of irrigation // Научные основы воспроизводства плодородия, охраны и рационального использования почв Казахстана. – Алматы: Тетис, 2001. – С. 99.

5 Қозыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Даутбаева К.Ә. Рекультивация жұмыстары жүргізілген телімдердің топырақгрунттарының және өсімдіктерінің ауыр металдармен ластануы және ауыр металдардың топырақ микроартоподтарына әсері // Почвоведение и агрохимия. – Алматы, 2016. – №1. – С. 43-55.

6 Қозыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Сағат Н.А. Тау-кен өндіру кәсіпорындарының шығарылымдарының топырақ-өсімдік жүйесіне әсері // Жас ғалымдардың Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы «Жас ғалымдардың агроөнеркәсіптік кешені: индустриалды-инновациялық дамуына қосқан үлесі». Алматы, 21-22 Сәуір. – I-том. – 2016. – Б. 127-132.

7 Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель РК за 2010 г. – Астана, 2011.

8 Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г. Взаимодействие тяжелых металлов с органическим веществом чернозема обыкновенного // Почвоведение. – 2006. – № 7. – С. 804-811.

9 Минкина Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах нижнего дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов // Автореф. докт. дисс. – М., 2008. – С. 44.

REFERENCES

1 EEA (European Environment Agency) Environmental signals 2002. Benchmarking the millennium. Environmental assessment report No 9. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2002. – 148 pp.

2 Doklad o mirovom razvitii 2003 goda. Ustoychivoye razvitiye v menyayushchemsya mire. Preobrazovaniye institutov, rost i kachestvo zhizni / Per. s angl. – М.: Изд-во «Ves Mir», 2003. – 280 s.

3 Degradatsiya i okhrana pochv / pod red. G.V. Dobrovolskogo. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 33-60.

4 Akhanov J.U., Shainberg I.M., Otarov A., Ibraeva M.A. Soils protection from irrigation erosion and selection of optimal methods of irrigation // Nauchnye osnovy vosproizvodstva plodorodiya, okhrany i ratsionalnogo ispolzovaniya pochv Kazakhstan. – Almaty: Tetis, 2001. – С. 99.

5 Қозыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Даутбаева К.Ә. Рекультивация жұмыстары жүргізілген телімдердің топырақгрунттарының және өсімдіктерінің ауыр металдармен ластануы және ауыр металдардың топырақ микроартоподтарына әсері // Почвоведение и агрохимия. – Алматы, 2016. – №1. – С. 43-55.

6 Қозыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Сағат Н.А. Тау-кен өндіру кәсіпорындарының шығарылымдарының топырақ-өсімдік жүйесіне әсері // Жас ғалымдардың Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы «Жас ғалымдардың агроөнеркәсіптік кешені: индустриалды-инновациялық дамуына қосқан үлесі». Алматы, 21-22 Сәуір. – I-том. – 2016. – Б. 127-132.

7 Svodny analitichesky otchet o sostoyanii i ispolzovanii zemel RK za 2010 g. – Astana, 2011.

8 Minkina T.M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G. Vzaimodeystviye tyazhelykh metallov s organicheskim veshchestvom chernozema obyknovennogo // Pochvovedeniye. – 2006. – № 7. – S. 804-811.

9 Minkina T.M. Soyedineniya tyazhelykh metallov v pochvakh nizhnego dona, ikh transformatsiya pod vliyaniyem prirodnikh i antropogennykh faktorov // Avtoref. dokt. diss. – M., 2008. – S. 44.

ТҮЙІН

Қозыбаева Ф.Е., Бейсеева Г.Б., Ажикина Н.Ж., Мураталиев А.Ф., Сағат Н.
РИДДЕР МЫРЫШ ЗАУЫТЫНЫҢ АУМАҒЫНДАҒЫ ТӘЖІРИБЕ ТЕЛІМІНІҢ
ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ, СУ-ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ АГРОХИМИЯЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІ

*Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, 050060 Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан,
e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru. beiseeva2009@mail.ru*

2 км қашықтықтағы аумақта күшті эрозия үрдісіне ұшыраған топырақ-өсімдік жамылғысына зауыттың шығарылымдарының күшті әсер еткені байқалады. Су-физикалық қасиеттерін талдау тереңдеген сайын (20-30 см) топырақ ылғалдылығының артуын көрсетті. Мырыш зауытының маңындағы топырақтардың көлемдік массасының ұлғаюы ауыр металдардың елеулі әсерімен түсіндіріледі. Ауыр металдар органикалық қышқылдардың құрамын бұзады, оның өзі топырақтың агрегаттық жағдайына әсер етеді, ұсақ фракциялардың артуы байқалады, топырақтың сіңіру кешенінен сіңірілген кальций ығыстырылады, агрегаттар бұзылып, топырақтың, әсіресе жоғарғы қабаттары тығыздалады. Гумус мөлшерінің жоғары болмауы қара топырақтың бетінде ластану салдарынан бүкіл өсімдік бірлестігі жойылуымен түсіндіріледі. Топырақтың сіңірілетін азот пен жылжымалы фосфордың формаларымен қамтамасыз етілуі жоғары емес, Жылжымалы калий мөлшері жоғары.

Түйінді сөздер: эрозия, ауыр металдар, топырақтың су-физикалық, агрохимиялық қасиеті.

SUMMARY

Kozybayeva F.E., Beiseyeva G. B., Azhikina N.J., Murataliyev A.F., Sagat N.
PHYSICAL, WATER PHYSICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL OF THE
SKILLED SITE PUT IN THE TERRITORY OF RIDDER ZINC PLANT
*Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry after U.U. Uspanov,
050060 Almaty, 75 V al-Farabi avenue, Kazakhstan,
e-mail: farida_kozybaeva@mail.ru. beiseeva2009@mail.ru*

As a result of research have revealed that the main source of pollution of a skilled site is the zinc plant. The area of distribution of emissions of plant in circles makes 2 km, with special influence on a wind rose in east direction from plant towards the city. In the territory in a radius of 2 km strong influence of emissions of plant on a soil and vegetable cover which is subjected to strong erosive processes is revealed. Analyses of water physical properties have shown that humidity of soils increases with depth (20 - 30 cm). Increase in volume weight in soils near zinc plant is explained by significant influence of TM. They destroy composition of organic acids that respectively influences an aggregate state, there is an increase in thin fractions, from PPK the absorbed calcium is forced out, units collapse and there is a consolidation, especially top horizons. The low maintenance of a humus is explained by the fact that on a surface of chernozems practically all vegetable communities have disappeared. Security of soils with absorbing forms of nitrogen and mobile phosphorus is low. Content of mobile potassium is high.

Key words: erosion, heavy metals, water physical, agrochemical properties.