

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ ДРЕВНЕЙ БАКАНАССКОЙ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ИЛИ

М.О. Полатова¹ А. Отаров¹ З.Ж. Сакиева²

¹Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби 75В, monti.best.girl@mail.ru; ²Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, 050013, Алматы, ул. Сатпаева 22

В статье приведены итоги исследования содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или, освоенных под культуру риса. Определены фоновые содержания изученных металлов в почвах. Установлено, что среди подвижных форм изученных металлов в почвах наибольшую долю занимают свинец и никель. Доля подвижной меди незначительная. Составлены карты содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах. Приводится картографический анализ содержания тяжелых металлов в почвах.

ВВЕДЕНИЕ

Орошаемые территории, как правило, занимают геохимически подчинённые гидроморфные ландшафты, и вследствие этого, склонны к загрязнению. В связи с этим в настоящее время немаловажным негативным фактором снижения плодородия орошаемых почв становится фактор загрязнения почв тяжелыми металлами, ядохимикатами и другими загрязнителями. Результаты исследования, проведенных за последние годы, показали загрязненность почв орошаемых массивов тяжелыми металлами, в частности Pb, Ni и Cu [1]. Ухудшение экологических и почвенно-мелиоративных условий орошаемых массивов привело также и к снижению защитных возможностей почв по отношению к Pb и Ni до 3,3 и 4,1, соответственно [2]. Всё более загрязнённой становятся воды рек, источников орошения, за счёт всё увеличивающегося антропогенного давления на окружающую среду. По нашим данным особую тревогу вызывает экологическое состояние вод Кызылординской области, для которого характерным является закономерное увеличение содержания как Pb, так и Ni от оросительной к грунтовой воде [1, 3].

Кроме того, несмотря на большое разнообразие почвенного покрова орошае-

мых массивов республики проблема установления региональных фоновых уровней содержания тяжелых металлов в орошаемых почвах пока остается не решенной. В связи с этим изучение и систематизация данных о фоновом содержании тяжелых металлов в орошаемых почвах на региональном уровне является также весьма актуальным и необходимым для оценки устойчивости и стабильности орошаемых экосистем к глобальным и региональным антропогенным воздействиям.

Актуальность данной работы приобретает особое значение также и в связи с предстоящим вступлением Казахстана во Всемирную торговую организацию, где в отношении продовольственной и сельскохозяйственной продукции действует «Соглашения по применению санитарных и фитосанитарных (СФС) мер» 1994 года призванной обеспечивать безопасность пищевых продуктов. При вступлении в ВТО естественный выбор состоит в стремлении использовать признанный в международном масштабе и фактически «объективный» стандарт. Такие международные стандарты, в основу которых положены результаты научного анализа рисков для здоровья людей, приняты следующими авторитетными органами по установлению международных стандартов: Комиссией «Codex

Alimentarius» по осуществлению объединенной программы ФАО и ВОЗ по стандартам продовольственной безопасности, Международной эпизоотической бюро, Всемирной конвенцией по защите растений.

В связи с вышеизложенными, основной целью работы является установление особенностей распределения тяжелых металлов в орошаемых почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или и их фоновому уровню на данной территории.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка структуры и создание почвенно-мелиоративной информационной системы (ГИС) орошаемого массива» выполняемой по Бюджетной программе 212 «Научные исследования и мероприятия в области АПК и природопользования».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили орошаемые почвы северной части Акдалинского массива рисосеяния, двух сельских округов Балхашского района Алматинской области. Территория объекта исследования расположена на головной части древней Баканасской дельты реки Или. Через территорию проходит старое русло реки Шетбаканас. Верхняя часть территории граничит с Баканасским магистральным каналом, а нижнюю часть окаймляет Главный коллектор. Почвенный покров объекта исследования представлен рисово-болотными и лугово-болотными в различной степени засоленными почвами, зона влияния массива занят засоленными такыровидными почвами, солончаками и песчаными почвами.

Здесь ведущей культурой является рис, также возделываются сопутствующие ему в севообороте культуры незаметный предшественник риса – люцерна и как покровные культуры яровая пшеница

и ячмень. На массиве основным источником орошения является р. Или.

На исследуемой территории под рис были освоены в основном такыровидные почвы, имеющие различные степени засоления и осолонцевания. В результате длительного использования под рис данные почвы эволюционировали в орошаемые (рисовые) болотные почвы. Изменения почв под этой культурой связаны со специфическими условиями ее возделывания – периодическое длительное затопление и высушивание. И вследствие этого здесь процессы почвообразования идут очень интенсивно и этому способствуют довольно высокие темпы мобилизационных и миграционных процессов. В связи с этим мониторинг за уровнем плодородия и экологическим состоянием рисовых почв должен вестись регулярно и с более широким спектром определяемых свойств.

При проведении почвенно-экологической съемки руководствовались официально существующими руководствами и инструкциями [4, 5]. Определение экологического состояния почв проведено в соответствии с требованиями ГОСТ-ов и Методических рекомендаций регламентирующих работу по исследованию почв при общих и локальных загрязнениях [6-9]. В процессе проведения почвенно-экологических съемочных работ для определения регионального фоновому уровня содержания тяжелых металлов в почвах закладывались почвенные разрезы и прикопки и бурились скважины. В общей сложности отобрано 262 почвенных образца и проанализированы на содержание подвижных и валовых форм 3-х тяжелых металлов – Cu, Pb и Ni. Полученные данные введены в базу данных почвенной информационной базы массива.

Тяжелые металлы были определены атомно-абсорбционным методом на атомно-абсорбционном спектрометре АА –

6200 фирмы «Shimadzu» (Япония). Для определения валовых форм тяжелых металлов использовали кислотное разложение, подвижную форму извлекали ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8.

Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами математической статистики, описанными [10-13] с использованием программы пакета анализов «Excel - 97» и «Atte Stat».

Карты содержания тяжелых металлов составлены в среде ГИС с использованием компьютерной программы MapInfo professional.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что основным первичным источником микроэлементов на земле являются горные породы [14,15]. В ходе выветривания и почвообразования одни элементы накапливаются в почвах, другие, наоборот, вымываются. Если сравнить их содержание в литосфере и почвах, то видно, что одних элементов в почвах содержится больше, чем в литосфере (бор, йод), других - меньше (кобальт, марганец), а некоторых примерно одинаковое количество (цинк, молибден). Следовательно, процесс перераспределения тяжелых металлов в земной коре является прямым результатом процесса почвообразования, которое в свою очередь зависит от особенностей функционирования природных и управляемых человеком агрономических ландшафтов.

Процессы почвообразования в условиях рисосеющих массивов протекает исключительно в специфических условиях, который заключается в ежегодном периодическом затоплении почв в течение всего вегетационного сезона и последующего интенсивного просушивания в условиях аридного климата. Согласно сезонам затопления и просушивания процесс почвообразования приобретает цик-

личный характер, каждый цикл согласно создающимся условиям почвообразования вызывает соответствующие изменения в составе и свойствах почвы. В подобных условиях, среди процессов почвообразования начинают преобладать группа антропогенных элементарных процессов почвообразования. Их направление зависит главным образом от того, как используются почвы и от интенсивности мероприятий по ее окультуриванию [1].

Нисходящий ток воды, преобладающий в условиях постоянного затопления, приводит к перераспределению веществ по профилю почв - гумуса, илистых частиц, элементов питания, в том числе и тяжелых металлов, т.е. происходят их профильная дифференциация [1, 2]. Причем характер перераспределения зависит в основном от сочетания основных факторов почвообразования и от набора свойств почв определенных горизонтов. В зависимости от этого определенные горизонты почв могут выступать как геохимические барьеры, так и среда по транспорту поступающих в нее тяжелых металлов.

Из вышеизложенного материала видно, что величина отрицательного влияния тяжелых металлов на почвы и другие компоненты орошаемого агроландшафта в большей степени зависят от свойств почв. Причем решающее значение имеют те свойства почвы, от которых зависит подвижность и миграционная способность тяжелых металлов. Чем выше способность почв переводить тяжелые металлы в труднорастворимые соединения, тем сильнее она ограничивает их миграцию по трофической цепи, и наоборот, чем меньше способность перевода тяжелых металлов в труднорастворимые соединения, тем больше она способствует их выносу за пределы почвенного профиля и орошаемого агроландшафта дренажными водами.

Изучение содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах позволяет выявить их общие запасы в почвах. Это один из исходных показателей оценки загрязнения почв, но он не всегда имеет первостепенное значение. При оценке загрязнения почв тяжелыми металлами их валовое содержание является показателем менее информативным, чем, содержание их подвижных форм. Поэтому, существующие и официально утвержденные ПДК, которые установлены для большинства тяжелых металлов по их валовой форме, не отражают фактической ситуации, т.е. данные по валовой форме недостаточны для оценки ситуации складывающейся в пищевой цепочке. Такого рода несоответствие ПДК действительности давно уже обнаруживаются в исследованиях ученых [17-19]. Подвижные формы тяжелых металлов более реально характеризуют их потенциальную опасность для экосистемы, способность переходить из почв в растения, в почвенные и грунтовые воды. При определении подвижных форм определяются реально существующие доступные растениям формы их соединений, что дает нам возможность определить истинные экологически значимые запасы тяжелых металлов в почве.

Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах агроландшафта формируется в основном за счет их содержания в исходной почве и антропогенного приноса извне - поступление с оросительными водами, минеральными удобрениями, различными мелиорантами, средствами химической защиты растений, аэральное поступление и другие виды. Привнесенные в агрономические ландшафты тяжелые металлы довольно быстро включаются в биогеохимические циклы миграции, перемещаются во времени и в пространстве, становятся постоянными компонентами химического состава

почвы и живого вещества агроландшафтов. Направление миграции тяжелых металлов и её темп в значительной степени определяются физико-химическими свойствами почв и самих тяжелых металлов, особенностями технологии возделывания культурных растений и рядом других природных и антропогенных факторов.

Несмотря на большое разнообразие почвенного покрова орошаемых массивов республики проблема установления региональных фоновых уровней содержания тяжелых металлов в орошаемых почвах зоны орошения пока остается нерешенной. В условиях всевозрастающего техногенного прессинга на окружающую среду, в том числе на почвенный покров, изучение и систематизация данных о фоновом содержании тяжелых металлов в орошаемых почвах на региональном уровне является весьма актуальным и необходимым для оценки устойчивости и стабильности орошаемых экосистем к глобальным и региональным антропогенным воздействиям.

На основе анализа содержания и распределения тяжелых металлов в фоновых районах можно выявить особенности формирования регионального фонового уровня тяжелых металлов и классифицировать диапазон концентраций изучаемых металлов.

В связи с этим установление достоверных уровней содержания тяжелых металлов в почвах фоновых регионов является одним из актуальных задач имеющих как научное, так и прикладное значение.

Исходя из этого, мы подвергли вариационно-статистической обработке полученные за время реализации проекта аналитические данные по содержанию тяжелых металлов в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или.

Как видно из полученных данных вычисленные значения t-критерия Стьюдента для всех изученных почв при 95% уровне значимости значительно больше чем таб. (таблица 1).

Таблица 1 - Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почв головной части древней Баканасской дельты реки Или

Металлы	Статистические показатели						
	n	M±m	Пределы колебания	t-критерий		± t _{0,05} * m	V, %
				t _{факт.}	t _{0,05}		
Cu	88	2,1±0,09	0,6÷5,0	23,4	1,66	0,2	40,1
Pb	88	11,5±0,32	3,1÷18,2	36,3	1,66	0,6	25,8
Ni	88	5,9±0,15	2,5÷10,9	38,5	1,66	0,3	24,4

Пределы доверительного интервала у всех изученных металлов довольно узкие. Анализ степеней вариабельности содержания тяжелых металлов в почвах массива показывает, что установленные среднестатистические значения являются статистически устойчивыми, подтверждением чему служат величины их коэффициентов вариации, которые по шкале градации соответствуют пределу от незначительной до средней. На основе анализа полученных статистических констант можно заключить, что вычисленные значения средней правильно отражают статистически значимые истинные значения среднего содержания изученных металлов в почвах головной части

древней Баканасской дельты реки Или. Таким образом, полученные средние содержания изученных металлов мы предлагаем в дальнейшем использовать в качестве их фонового содержания в почвах исследуемой территории. Изученные металлы по их среднему фоновому содержанию на исследуемой территории расположились в следующий убывающий ряд: Pb Ni Cu.

Для установления фонового содержания валовых форм изученных тяжелых металлов в почвах также были вычислены вариационно-статистические показатели содержания их валовых форм в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или (таблица 2).

Таблица 2 - Вариационно-статистические показатели содержания валовых форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почв головной части древней Баканасской дельты реки Или

Металлы	Статистические показатели						
	n	M±m	Пределы колебания	t-критерий		± t _{0,05} * m	V, %
				t _{факт.}	t _{0,05}		
Cu	34	25,0±1,40	9,2÷45,2	17,9	2,02	2,8	32,6
Pb	34	34,3±1,90	9,2÷54,8	18,1	2,02	3,9	32,3
Ni	34	33,9±1,71	13,6÷57,6	19,8	2,02	3,5	29,5

Здесь также видно, что вычисленные фактические значения критерия Стьюдента значительно выше, чем их табличные значения. Пределы колебания содержания валовых форм тяжелых металлов и доверительный интервал их среднего значения также отличаются достаточно узкими интервалами. Величины их коэффициентов вариации не превышают средней величины. Ряды убывания валовых

форм изученных тяжелых металлов оказались идентичным с рядом их подвижных форм.

Используя полученные среднее фоновое содержание тяжелых металлов, были рассчитаны вклад каждого из них в общий «металлический» фон почв головной части древней Баканасской дельты реки Или (рисунок 1).

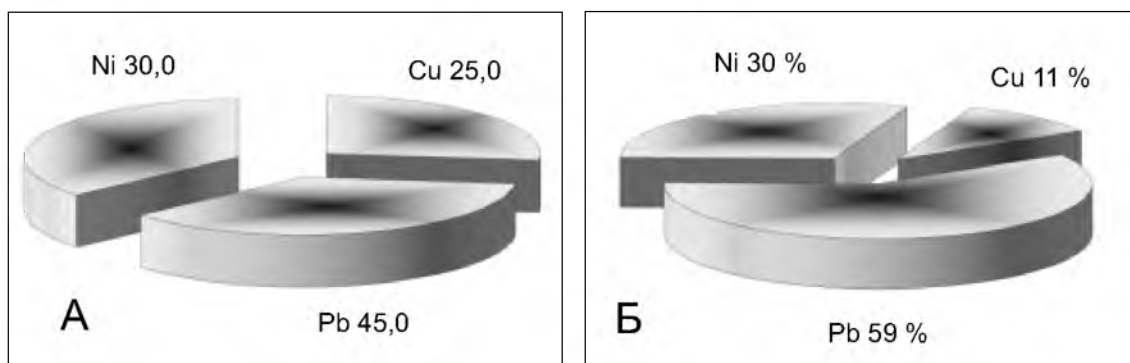


Рисунок 1 – Долевое участие тяжелых металлов в «металлическом» фоне почв головной части древней Баканасской дельты реки Или (А – валовые и Б – подвижные формы)

Оказалось, что вклад подвижных и валовых форм тяжелых металлов в общий «металлический» фон почв массива существенно различаются. Среди подвижных форм изученных металлов в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или наибольшую долю (59,0 %) занимает свинец, за ним следует никель (30,0 %), доля меди составляет всего лишь 11,0 %. А доля валовых форм изученных металлов в значительной степени отличается от такового подвижных форм. Здесь практическую равную долю имеют свинец (45,0 %) и никель (30,0 %), а доля меди составляет 25 %. Эти данные еще раз подтверждает тезис о том, что для оценки экологического состояния почв необходимо пользоваться содержанием в них подвижных форм тяжелых металлов.

На завершающем этапе работы, используя полученные аналитические

данные и компьютерную программу MapInfo professional в среде ГИС, были составлены карты содержания экологически опасных, доступных для растений подвижных форм тяжелых металлов в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или (рисунок 2).

Анализируя картографические материалы, можно сказать, что на территории головной части древней Баканасской дельты реки Или по свинцу преобладают в основном почвы 3-группы с содержанием подвижной формы свинца более 6,0 мг на кг почвы. Также достаточно большую площадь занимают почвы 4 и 5 группы с содержанием свинца 9-12 мг/кг и выше. По распределению никеля складывается аналогичная ситуация. Здесь присутствует даже контур 6-группы почв с содержанием подвижной формы никеля более двух ПДК.

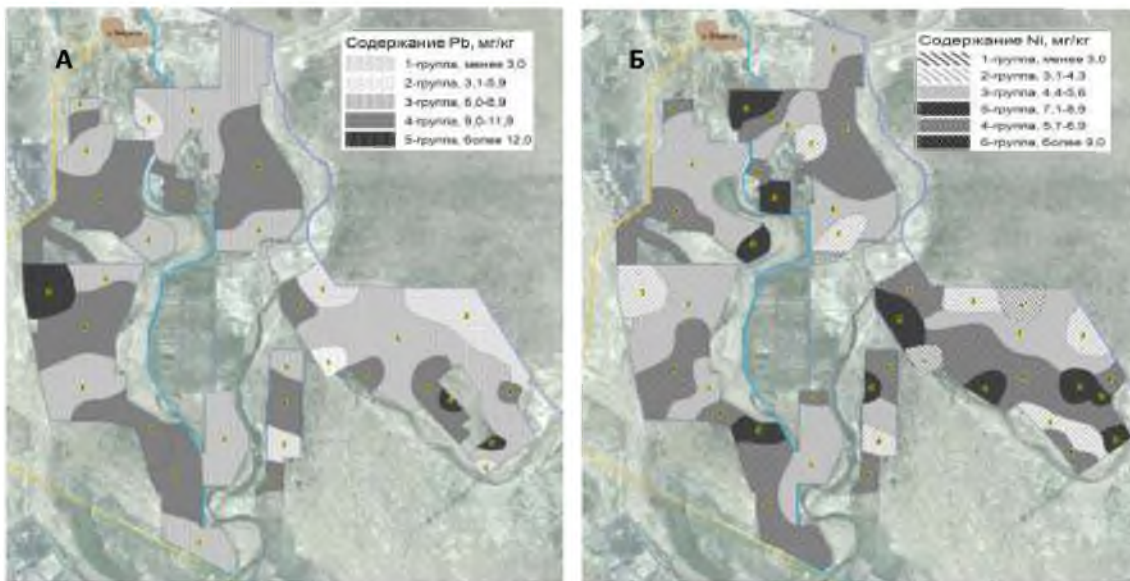


Рисунок 2 – Карта содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или (А-свинец, Б-никель)

Такие карты, содержащие аналитическую информацию, позволяют решать ряд теоретических и прикладных задач - оценить экологическое состояние почв орошаемого массива и провести ее дифференциацию по уровню содержания тяжелых металлов, проследить геохимические миграционные потоки тяжелых металлов, выявить участки их накопления, обосновать меры по предотвращению загрязнения. Все это послужит основой для разработки рекомендаций по организации эколого-аналитического контроля орошаемых массивов. Подобные карты также необходимы и государственным органам для принятия управленческих решений и фермерам для практической работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных данных можно заключить, что орошение рисово-болотных почв способом постоянного затопления оказывает заметное влияние на характер распределения подвижных и валовых форм изученных тяжелых металлов по исследованной территории. При этом влиянию орошения подвержены в

значительной степени доступные растениям, экологически опасные подвижные формы металлов, чем их валовые.

На основе вариационно-статистической обработки полученных в ходе проведения почвенно-экологической съемки аналитических данных (n= 262) по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в качестве их фонового содержания в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или мы предлагаем следующие статистически достоверные величины в мг/кг почвы: Pb - $11,5 \pm 0,32$; Ni - $5,9 \pm 0,15$; Cu $2,1 \pm 0,09$;

Среди подвижных форм изученных металлов в почвах головной части древней Баканасской дельты реки Или наибольшую долю (59,0 %) занимает свинец, за ним следует никель (30,0 %), а доля меди составляет всего лишь 11,0 %. Содержание валовых форм изученных металлов в значительной степени отличается от такового подвижных форм. Здесь практическую равную долю имеют свинец (45,0 %) и никель (30 %), а доля меди составляет 25 %.

Анализ картографического материала показывает, что на территории головной части древней Баканасской дельты реки Или по свинцу преобладают в основном почвы 3-группы с содержанием подвижной формы свинца более 6,0 мг на кг почвы. Также достаточно большую площадь занимают почвы 4 и 5 группы с содержанием свинца 9-12 мг/кг и выше. По распределению никеля складывается аналогичная ситуация. Здесь присутствует даже контур 6-группы почв с содержанием подвижной формы никеля более двух ПДК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отаров А., Ибраева М.А., Сапаров А.С. Деградационные процессы и современное почвенно-экологическое состояние рисовых массивов республики // Экологические основы формирования почвенного покрова Казахстана в условиях антропогенеза и разработка теоретических основ воспроизводства плодородия. Алматы. 2007. С. 73-105.
2. Отаров А. Защитные возможности периодически затапливаемых рисовых почв по отношению к тяжелым металлам // Состояние и перспективы развития почвоведения. Материалы международной научной конференции, посвященной 60-летию образования Института почвоведения им. УУ. Успанова. Алматы: Тетис. 2005. С. 131-132.
3. Отаров А., Ибраева М.А., Сапаров А.С. Влияние экологического состояния рисовых массивов Казахстана на качество риса-шалы и продуктов ее переработки // Зерно и продукты ее переработки. 2006. №3. С. 14-18.
4. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. Москва: Колос. 1973. 95 с.
5. Руководство по проведению крупномасштабного почвенного обследования в Казахской ССР. Алма-Ата. 1979. 137 с.
6. ГОСТ 17.4.3.03-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
7. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
8. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. Москва: Гидрометеиздат. 1981. 107 с.
9. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Москва: Госагропром СССР. 1989. 62 с.
10. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. Москва: МГУ. 1995. 320 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос. 1979. 416 с.
12. Савич В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении // Учебно-методическое пособие. Москва. ТСХА. 1972. 103 с.
13. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. Москва: Колос. 1966. 255 с.
14. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: АН СССР. 1955.
15. Якушевская И.В. Микроэлементы в природных ландшафтах. М. 1973.
16. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: АН СССР. 1957.

17. Ягодин Б.А.и др. Тяжелые металлы в системе почва-растение // Химия в сельском хозяйстве. 1996. № 5. С. 43-45.

18. Овчаренко М.М., Графская Г.А., Шильников И.А. Почвенное плодородие и содержание тяжелых металлов в растениях // Химия в сельском хозяйстве. 1996. № 5. С. 40-43.

19. Ильин В.Б., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях Новосибирска // Агрохимия. 2000. № 1. С. 66-73.

ТҮЙІН

Мақалада Іле өзенінің Бақанас ежелгі атырауының бас жағындағы күріш егуге игерілген суармалы топырақтарда ауыр металлдардың жалпы және жылжымалы түрлерінің мөлшерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттелген топырақтарда ауыр металлдардың фондық мөлшері анықталған. Ауыр металлдардың жылжымалы түрлері ішінде ең көп үлесті қорғасын және никел алатындығы анықталған. Топырақ құрамындағы ауыр металлдар мөлшерінің картасы жасалған. Топырақ құрамындағы ауыр металлдарға картографиялық талдау жасалған.

SUMMARY

The paper presents the results of surveys on total and mobile forms of heavy metals in the soils of the head of an ancient delta Bakanass river Ily disbursed under the rice crop. Defined background contents studied metals in the soils studied. Found that among mobile forms of metals in the soils studied the biggest share of lead and nickel. A small proportion of the mobile copper. The maps of the content of mobile forms of heavy metals in soils. Is a cartographic analysis of heavy metals in soils.