

АГРОЭКОЛОГИЯ



УДК 631.4:574 (035.3)

**Н.В. Елисеєва,
Т.А. Зубкова,
Э.Е. Чехович**

СОДЕРЖАНИЕ И ГРУППОВОЙ СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ КОБАЛЬТА В ПОЧВАХ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ КУБАНИ И ДРУГИХ ПОЧВАХ РОССИИ

Ключевые слова: кобальт, групповой состав, почва, фотосинтез, ферменты, белки, витамины, тяжелые металлы, экосистемы.

Введение

Распространение кобальта в природе отмечается незначительно. Однако роль кобальта в природе велика. Кобальт в почве относят к группе микроэлементов (их содержание менее $n \cdot 10^{-3}\%$) и тяжелых металлов (ТМ). Кобальт также является биогенным элементом, роль которого в жизнедеятельности живых организмов чрезвычайно велика. В растениях Со положительно влияет на фотосинтез, активизирует ферменты белкового обмена. В организме животных кобальт входит в состав витамина В₁₂, образуя внутрикомплексное соединение, где кобальта 4,5%. В растениях витамин В₁₂ отсутствует, но от наличия Со в растительных кормах зависит обеспеченность животных и человека этим витамином.

Кобальтовые соединения оказывают влияние на урожай и его качество. В частности было установлено, что Со при низких концентрациях вызывал повышение урожая, а повышение концентрации Со снижало урожай.

В связи с усиливающимся загрязнением экосистем тяжелыми металлами кобальт может также накапливаться и в почвах агроэкосистем. Кроме того, в почвах с повышенным содержанием ТМ, в том числе и Со, возможно проявление металлами ката-

литической активности. Так, поступая в форме простых солей в гумусовые горизонты почв, кобальт образует комплексные, хелатные соединения, в которых каталитическая активность кобальта повышается в несколько раз, что может привести к усилению одних и ослаблению других почвенных процессов.

Цель представленной работы – изучение распределения содержания и группового состава соединений кобальта в почвах рисовых полей Кубани и других почвах России.

Объекты и методы исследования

На исследованных участках рисовых полей ВНИИ риса Краснодарского края были выделены 4 группы почв: луговая, лугово-черноземная, лугово-болотная и аллювиально-луговая, которые характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, содержанием гумуса порядка 5%, рН 4,5-5.

Для определения группового состава соединений Со использовали разные экстрагенты (табл. 1). Отношение почва: раствор 1:5, взбалтывание 1 ч. Опыт проводили с верхними горизонтами почв (0-20 см). Каждая последующая вытяжка переводит в раствор и предыдущую группу соединений, но они дают возможность решить вопросы педохимии элемента. Используя соответствующие разности в содержании отдельных форм, получили сведения о величинах накопления разных групп соединений кобальта.

Кобальт в почве, растениях и почвообразующих породах.

Со в почвах. Не существует единой общепризнанной классификации форм кобальта в почве. Так, П.А. Власюк констатирует, что «он входит в состав почвенных алюмосиликатов, находится в поглощенном состоянии на поверхности минеральных и органических коллоидов».

Среднее содержание кобальта в почвах – около 0,4-4,0 мг/кг [4]. Однако выделены районы и с более высокой концентрацией кобальта. Установлено, что почвам на ультраосновных породах присущи повышенные уровни Со – 42 мг/кг в 1н HNO₃ вытяжке. В хорошо гумусированных почвах нижних частей склонов уровень подвижного Со может достигать 7 мг/кг. В центрально-черноземной зоне серые лесные почвы содержат Со 9 мг/кг, черноземы – до 12 мг/кг (табл. 2). Накопление ТМ в почвах связано и с почвенными особенностями. Так, на территории Ольхонского района Иркутской области среди исследованных почв (дерново-подзолистые, дерновые лесные и серые лесные, солончаки, регосоли, черноземы, подзолы, торфянисто- и торфянистоглее-подзолистые, солончаки, солонцы, лугово-болотные) максимальное содержание Со отмечено только для солончаков и солонцов-солончаков.

Аэрозольный перенос ТМ от промышленных предприятий может вызывать образование аномалий ТМ в почвах. Атмосферные выбросы металлургических комбинатов являются главными источниками повышенных концентраций ТМ. Выявлены отдельные аномалии Со в ландшафтах восточной части Доно-Сальского водораздела. В поверхно-

стных слоях донных отложений озер около промышленных предприятий также отмечается накопление Со. Неравномерно распределен кобальт в почвах Краснодарского края [9, 10]. Валовое содержание элемента в почвах изменялось от 7 до 26 мг/кг и в среднем составляло 10,9 мг/кг. Авторы отмечают, что наименьшее содержание кобальта, в среднем 5-10,5 мг/кг, в черноземах долинных, каштановых почвах, луговых и аллювиально-луговых суглинистых и перегнойно-карбонатных почвах. Содержание в глинистых и тяжелоглинистых малогумусных и среднегумусных черноземах – в среднем 10,5-12 мг/кг. В группу со средним содержанием кобальта 12-20 мг/кг вошли преимущественно почвы горной и предгорной зон, развивающиеся на породах, сравнительно обогащенные кобальтом, – бурые горно-лесные, серые лесные почвы, перегнойно-карбонатные выщелоченные, а также черноземы слитые, лугово-черноземные и луговые солонцеватые глинистые и тяжелосуглинистые почвы.

Широкий диапазон колебаний валового кобальта, как отмечает Тонконоженко [10], является следствием большого разнообразия географических и физико-географических условий на территории Краснодарского края. Кроме того, на содержание кобальта оказывают влияние гранулометрический состав (в частности содержание илистой и пылевой фракций) и количество гумуса. Накопление элемента в этих фракциях меняется в зависимости от типа, горизонта почв и от состава почвообразующей породы.

Таблица 1
Определение группового состава кобальта в почвах рисовых полей Кубани

№ вытяжки	Экстрагент	Групповой состав
1	Вода	Водорастворимые соли неорганических кислот и органические соединения, в частности не связанные фульвокислоты элемента
2	Ацетатно-аммонийный буферный раствор	Легкообменный кобальт
3	1н HCl	Углесоли, непрочные адсорбированные соединения кобальта с окислами Fe и Al, глинистыми минералами, фульваты фракции 1а, труднообменные ионы Co ²⁺ , Co(OH) ⁺ и свежесажденные гидроксиды Co(OH) ₂
4	1н HCl после окисления органических веществ H ₂ O ₂	Кобальт, необменно связанный с органическими веществами
5	Вытяжка по Меру-Джексона	Кобальт в составе полуторных оксидов Fe, Al, MnO, органического вещества
6	20% HCl	Кобальт в составе органического вещества: изоморфная примесь в глинистых минералах (кроме диоктаэдрических слюд), цеолитах, легкорастворимых алюмосиликатах и силикатах
7	Остаток, не переходящий в 20% HCl	Кобальт, входящий в состав первичных минералов
8	HF + H ₂ SO ₄	Общее содержание

Со в растениях. В полевых культурах кобальта содержится на порядок меньше, чем в почвах (0,2-0,4 мг/кг) сухого вещества. В листьях (хвое) сосны, кустарников, лишайников Кольского полуострова содержание Со достигает 0,5-2,0 мг/кг.

Потребление растениями кобальта из почвы возможно из разнообразных соединений, находящихся не только в почвенном растворе, но и в ее твердой фазе. Однако наиболее доступным для них являются легкорастворимые и обменные формы, охватываемые понятием «подвижный кобальт».

Установлено, что примерно 95% кобальта в почве закреплено органическим веществом в решетке глинистых минералов и окклюдировано полуторными окислами в труднодоступном для большинства растений состоянии, и только 5% этого элемента находится в обменной форме, доступной растениям. В почвенном растворе кобальт присутствует в виде солей азотной, серной и соляной кислот, которые и являются основными источниками питания растений [7].

Предпосевная обработка семян риса кобальтом увеличивала поступление его во все органы растения. При заделке кобальтовых удобрений в почву микроэлемент в большей степени концентрируется в корневой системе риса [4]. Кобальт оказывает положительное влияние на содержание свободной воды, несколько снижая количество связанной воды, тем самым повышает интенсивность транспирации. Опытами установлено, что кобальт повышает интенсивность дыхания растений риса во все фазы вегетации [1].

Растения в одинаковой степени чувствительны как к недостатку, так и избытку кобальта в питательной среде. При его недостатке ослабляются физиолого-биохимические процессы и рост растений. Снижаются продуктивность и качество урожая. Основные симптомы недостатка кобальта у риса: слабый рост, межжилковый хлороз листьев, высокая стерильность колосков и низкая продуктивность растений [3].

Со в почвообразующих породах. В почвообразующих породах его содержание, как правило, выше, чем в почве, и зависит от гранулометрического состава (табл. 2). Проявляется устойчивый тренд снижения концентраций Со в гранулометрическом ряду почвообразующих пород: тяжелые суглинки > (средние суглинки > легкие суглинки > пески > известняки, кларк литосферы составляет 18 мг/кг.

Со в торфе. В торфяниках, залежах Западной Сибири, кобальта содержится 2-5 мг/кг сухого торфа, в верхних горизонтах некоторых залежей его количество могут достигать до 12 мг/кг [2].

Водорастворимый Со. Концентрации водорастворимых соединений ТМ весьма невелики и составляют для кобальта 0,03-0,07 мг/кг (Добровольский В.В. и др., 1996). В поверхностных водоисточниках Самаркандского оазиса (Узбекистан) кобальта 0,006-0,014 мг/л, колодцах – 0,04-0,06, в артезианских скважинах – 0,015-0,08 мг/л. Специфические условия, имеющие место на рисовом поле, в значительной степени влияют на подвижность кобальта. По данным Досеевой, за период затопления количество подвижных его форм заметно снижается и оказывается значительно ниже, чем отмечалось первоначально [6].

В поверхностных водах Краснодарского края кобальта содержится 1,2-2,4 мкг/л. При таких концентрациях кобальт не может служить существенным источником питания для растений, а тем более приводит к прогрессивному накоплению его в почве при орошении. Низкое содержание этого элемента в поверхностных водах объясняется тем, что при контакте воды с кислородом воздуха кобальт, окислившись, выпадает в виде гидрата, т.к. в речной и озерных водах рН в большинстве случаев находится в пределах 7,8-8,3. При наличии в водах органических соединений такого снижения содержания кобальта не происходит из-за образования с ними внутрикомплексных соединений этого микроэлемента [7].

При прочих равных условиях ТМ концентрируются в пойменных ландшафтах. Поэтому в почвах рисовых полей реки Кубани возможно накопление Со.

Кобальт в почвах рисовых полей Кубани.

Общее содержание кобальта в луговых, лугово-черноземных, лугово-болотных и аллювиально-луговых почвах, которыми представлены 70% рисовых чеков ВНИИ риса, сравнительно высокое – 16-18 мг/кг [8].

Групповой состав кобальта также одинаковый для всех исследованных почв (рис.). Самая многочисленная группа кобальта в почвах в составе полуторных оксидов Fe, Al, MnO и органических веществ (вытяжка 5), они составляют 51% от общего содержания. Существенная часть кобальта связана необменно органическим веществом почвы – 16% (вытяжка 4), 18-21% (вытяжка 6).

Несмотря на высокое общее содержание кобальта в почвах, доля подвижных его соединений очень низкая – менее 0,2 мг/кг (вытяжка 2). Непрочно адсорбированные соединения кобальта (1н HCl вытяжка) составляют 1,0-1,2 мг/кг. Кобальт из этой группы также может участвовать в обменных и миграционных процессах (диффузионный механизм).

Содержание кобальта в почвах и почвообразующих породах России

Регион	Почвообразующая порода, почва, болота	Общее содержание Со, мг/кг	Источник
Центрально-черноземная зона	• Покровные тяжелые суглинки и глины	11	Протасова Н.А. и др., 2000
	• Покровные легкие и средние суглинки	8	
	• Аллювиальные и флювиогляциальные пески и супеси	3	
	• Черноземные почвы	12	
	• Серые лесные почвы	9	
Русская равнина, лесостепь	Аллювиальные луговые глинистые почвы	7,8-8,4	Ахтырцев Б.П. и др., 1999
	А	6,6-11,0	
	В	6,1-9,9	
	С	6,1-9,9	
	Луговые осолоделые почвы	8,7-11,3	
Юг Западной Сибири	Почвообразующие породы:	6-21	Ильин В.Б. и др., 2000
	• глинистые	3,2-17,0	
	• среднесуглинистые	1,2-7,0	
	• песчаные и супесчаные		
1. Приобское плато, Кузнецкая котловина	Лессовидные суглинки	15	
2. Центральная Бараба	Лессовидные суглинки	7,8	
3. Ишим-Иртышское междуречье	Лессовидные суглинки	13	
4. Рубцовско-Алейская равнина	Лессовидные суглинки	6,4	
Центральная часть Западной Сибири	Торфяные болота:		Архипов В.С. и др., 2000
	<i>низинные</i>		
	Гусевское	4,2	
	Клюквенное	3,6	
	Березовая Грива	4,1	
	верховые сфагновые		
	Чистое	1,4	
	Семиозерье	1,0	
Васюганское	1,7		
Колпашевское	1,5		
Средняя Обь	Аллювиальные почвы: дерновая карбонатная, дерново-глеевая карбонатная, дерновая глеевая мощная	10-16	Изерская Л.А. и др., 2000

Выводы

Анализ содержания кобальта в почвах и почвообразующих породах России показал, что при прочих равных условиях ТМ концентрируются в пойменных ландшафтах. Поэтому в почвах рисовых полей Кубани возможно накопление Со.

Анализируя содержание кобальта в рисовых и других почвах, можно сделать вывод, что он не представляет никакой опасности для выращиваемой на них продукции, поскольку содержание подвижных соединений Со на порядок меньше ориентировочно допустимых количеств (ОДК) подвижных соединений Со в почвах (ОДК = 5,0 мг/кг).

Библиографический список

1. Алешин Е.П., Шеуджен А.Х., Досева О.А. Интенсивность фотосинтеза и дыхания листьев риса в зависимости от обеспе-

чения растений кобальтом / Докл. ВАСХНИЛ. – 1987. – № 11. – С. 15-17.

2. Архипов В.С., Бернатонис В.К., Резчиков В.И. Распределение железа, кобальта и хрома в торфяных залежах центральной части Западной Сибири // Почвоведение. – 2000. – № 312. – С. 1439-1447.

3. Вальков В.Ф., Елисеева Н.В., Имгрунт И.И., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Справочник по оценке почв. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 236 с.

4. Елисеева Н.В., Чернышева Н.В., Имгрунт И.И., Федоренко К.А. Экология. – Краснодар: ООО «ГРАНАТ», 2012. – 384 с.

5. Зырин Н.Г., Титова А.А. Формы соединений кобальта в почвах // Содержание и формы соединений микроэлементов в почвах. – М.: МГУ, 1979. – С. 160-223.

6. Изерская Л.А., Воробьева Т.Е. Формы соединений тяжелых металлов в аллю-

виальных почвах Средней Оби // Почвоведение. – 2000. – № 1. – С. 56-62.

7. Ильин В.Б., Сысо А.И., Конарбаева Г.А., Байдина Н.Л., Черевко А.С. Содержание тяжелых металлов в почвообразующих породах юга Западной Сибири // Почвоведение. – 2000. – № 9. – С. 1086-1090.

8. Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х. Агрохимия. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.

9. Тонконоженко Е.В. Микроэлементы в почвах Кубани и применение микроудобрений. – Краснодар, 1973. – 111 с.

10. Тонконоженко Е.В. Микроэлементы в почвах, водах и растениях Краснодарского края и применение микроудобрений: автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М.: МГУ, 1969. – 36 с.

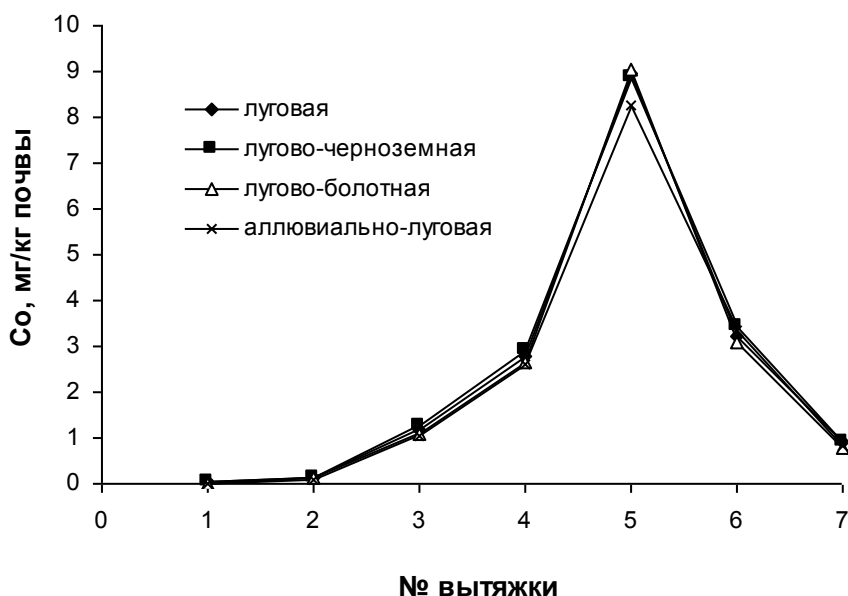


Рис. Групповой состав соединений кобальта в почвах рисовых полей Кубани



УДК 556.16:626.871.1(571.15)

**В.В. Мешков,
С.В. Макарычев,
А.А. Томаровский**

РЕЖИМЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ Р. АЛЕЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПОПУСКАМИ ИЗ ГИЛЁВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ключевые слова: пойма, половодье, попуски, водохранилище, таяние снега, частота затопления, уровень воды.

Введение

Особенностью внутригодового распределения стока реки и ее притоков является неравномерность его в течение года. Объ-

ем весеннего половодья составляет в среднем по всему изучаемому бассейну 80% от годового, а на долю стока в летние месяцы (после спада половодья) приходится 7-12% [1]. Регулирование стока путем создания Гилевского водохранилища определяет возможность комплексного использования и охраны вод бассейна р. Алей.