

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПОДВИЖНЫМИ ФОРМАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А.Х.Куликова, Б.К.Саматов, В.П.Тугин, Ульяновская ГСХА, ФГУ САС «Ульяновская»

Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду из антропогенных источников, особое место занимают тяжелые металлы, к которым относят редкие (рассеянные, следовые) элементы (металлы), как выполняющие определенные функции в организме, так и не имеющие таковых с атомной массой более 50 а.е.м., находящиеся в повышенных экзогенных концентрациях в объектах окружающей среды (почва, вода, атмосфера, организмы). В связи с этим к данной группе поллютантов относятся и элементы, в микроколичествах совершенно необходимых растительным и животным организмам такие, как Mn, Mo, Cu, Zn, и не вызывающих у них никаких негативных реакций. Однако активное вмешательство человека в природные циклы элементов привело к тому, что вызвало нарушение их циркуляции в биологическом и геологическом круговоротах и аккумуляцию в активных звеньях циклов (2).

К этой же группе относятся элементы, не выполняющие каких-либо биологических функций (или роль которых до конца не выяснена), но в концентрациях, превышающих фоновые, и являющиеся токсичными. Это прежде всего Hg, Cd, Pb, которые, по мнению большинства исследователей, являются наиболее опасными как из-за их токсичности, так и из-за высокой технофильности (5). По степени опасности тяжелых металлов выделяют три класса: 1 класс – особо токсичные (Cd, As, Hg, Pb, Se, Zn); 2 класс – токсичные (B, Co, Cu, Mo, Ni, Sb, Cr); 3 класс – слаботоксичные (Ba, V, W, Mn, Sr).

Все основные циклы миграции тяжелых металлов (ТМ) в биосфере начинаются в почве, именно в ней происходит мобилизация металлов в миграционных формах. В связи с этим почва (ее тонкодисперсные частицы, органическое вещество, реакция почвенного раствора) важнейший фактор, регулирующий поступление ТМ в растения. В то же время тяжелые металлы, аккумулируясь в почвенном покрове, очень медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии, дефляции. Период полувыведения их из почвенного профиля составляет довольно длительный промежуток времени. Так, период полувыведения Zn варьирует от 70 до 510 лет, Cd – от 13 до 1100, Cu – от 310 до 1500, Pb – от 740 до 5900 лет (3). Поскольку почва – основное средство сельскохозяйственного производства, накопление в ней избыточных концентраций тяжелых металлов представляет прямую угрозу экологической безопасности получаемой

продукции. Последнее обуславливает безусловную необходимость мониторинга содержания ТМ в почвенном покрове и разработки мер как по предотвращению поступления данных элементов в почву, так и по снижению токсичности уже имеющихся концентраций поллютантов.

Система контроля агроэкологических ситуаций на территории нашей страны имеет 13-летнюю историю и начало ей положило постановление Правительства РФ от 15.07.1992 г., утвердившим «Государственную программу мониторинга земель Российской Федерации». Агроэкологический мониторинг в Ульяновской области был развернут в 1994 году. Основой его создания послужило Постановление Главы администрации области «О мониторинге земель Ульяновской области» от 17.08.1992 г. и проведение его было поручено Ульяновской государственной станции агрохимической службы (в настоящее время ФГУ САС «Ульяновская»).

В соответствии с этим постановлением на территории Ульяновской области были заложены 18 реперных участков (рис.1). Привязка этих участков (т.е. место расположения их) приведена в первом номере «Вестника УГСХА» (стр.6).

С точки зрения экологически безопасного ведения сельскохозяйственного производства необходимо знать токсичность элемента, пути поступления в почву, условия миграции в ней, усвояемость растениями. Ниже приводится краткая характеристика наиболее опасных элементов (1-й класс опасности).

Кадмий. Кадмий обладает мутагенными и канцерогенными свойствами и представляет генетическую опасность. Допустимое поступление его в организм человека составляет 490 мг в неделю и, по мнению ученых, его поступление с продуктами питания во всем мире приближается к ПДК. Кадмий обладает фитотоксичностью, в 20 раз превышающей свинец.

Содержание кадмия в почвах невелико и, например, в черноземах в среднем составляет $1 \cdot 10^{-5}\%$, что на порядок меньше, чем в растениях. Основным источником загрязнения почв данным элементом являются промышленные выбросы, сточные воды и выбросы автотранспорта. Значительная часть его может поступать в почву с фосфорными удобрениями (0,1-170 мг/кг) (1).

Исходные формы кадмия (так же, как и цинка), выпадающие на поверхность почвы, переходят в более подвижные формы и слабее закрепляются гумусовыми веществами. В связи с этим он более доступен растениям, причем при любых значениях

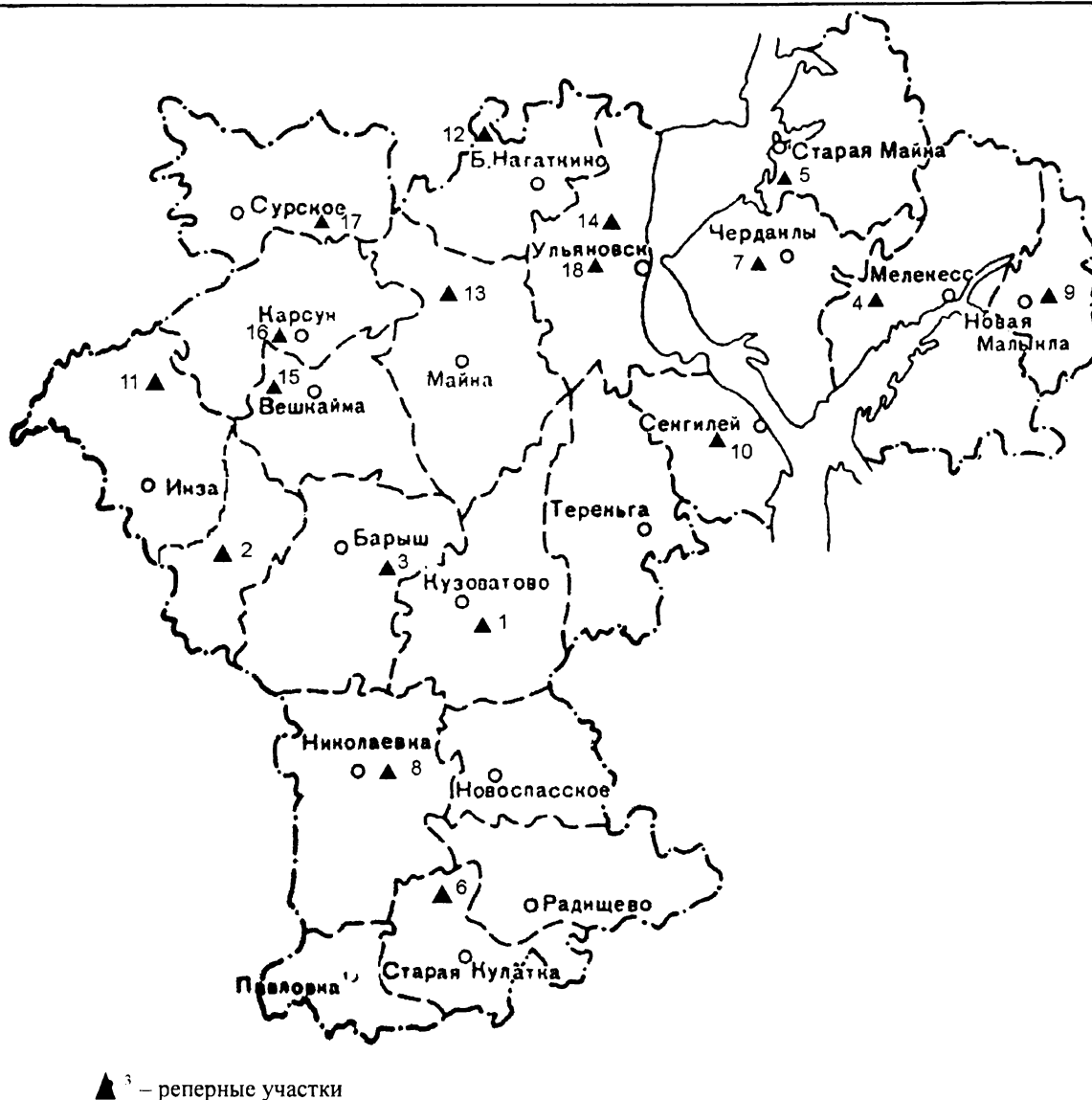


Рис.1. Карта расположения реперных участков

рН. Высокая усвояемость кадмия растениями определяет общую закономерность: чем больше его в почве, тем больше его в растениях.

Свинец. По токсичности (как указывалось выше) свинец относится к высокоопасному классу. Избыток его в крови человека подавляет центральную нервную систему, деятельность мозга, почек и мышц. Для человека токсичными считаются суточные дозы свинца свыше 0,35 мг.

Среднее содержание его в почве колеблется от $0,37 \cdot 10^{-3}$ до $4,3 \cdot 10^{-3}$ %. Источники поступления свинца: выбросы металлургических заводов, автомобильный транспорт, осадки коммунальных и промышленных сточных вод (50-3000 мг/кг), пестициды (50-60 мг/кг), известковые материалы (20-1250 мг/кг), фосфорные удобрения (7-225 мг/кг) (1). За последние 30-40 лет кларк свинца в почве возрос на порядок вследствие мощного его поступления в окружающую среду (4). Неорганический свинец хорошо закрепляется в почве, прочно фиксируясь

в устойчивых соединениях с гумусовыми кислотами. Органический свинец, поставляемый автотранспортом, быстро переходит в подвижные формы и мигрирует в нижележащие слои почвы. Поступление элемента в растения зависит от формы его нахождения в почве: неорганический свинец слабее усваивается растениями, чем органический

Цинк. На примере цинка четко проявляется двойственная роль тяжелых металлов. С одной стороны, он абсолютно необходим всем живым организмам, так как входит в состав ферментов, обуславливающих и регулирующих жизненные процессы, принимает участие в биосинтезе РНК и хлорофилла, участвует в углеводном и фосфатном обмене. С другой стороны, он высокотоксичен, и летальная доза его накопления для человека составляет 200 мг на 1 кг веса. Считается, что влияние высоких концентраций цинка проявляется в синергическом действии, усиливая эффект других загрязнителей (например, кадмия).

**Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах
реперных участков в среднем за 1994-2004 гг.**

Почва	№№ реперных участков	Элемент, мг/кг					
		Cd	Pb	Ni	Cr	Zn	Cu
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	13	0,4	7,0	13,0	10,7	15,4	6,1
Чернозем выщелоченный среднесуглинистый	3, 5, 9, 14	0,4	6,7	15,9	10,3	17,8	8,0
Чернозем типичный глинистый	12	0,3	7,7	17,9	13,4	17,0	7,5
Чернозем типичный легкогоглинистый	15, 16	0,4	6,8	16,6	12,2	17,1	6,2
Чернозем типичный среднесуглинистый	7	0,3	6,6	12,9	10,8	17,5	6,5
Чернозем типичный легкосуглинистый	6	0,5	10,9	13,6	9,6	17,9	5,8
Чернозем типичный супесчаный	17	0,3	4,5	8,9	6,5	12,2	4,1
Чернозем оподзоленный легкосуглинистый	4	0,3	6,1	11,6	7,8	14,4	4,1
Темно-серая легкогоглинистая	2	0,4	6,5	13,5	8,3	16,3	5,3
Темно-серая среднесуглинистая	1, 8	0,3	6,9	13,3	9,9	15,1	6,3
Серая лесная тяжелосуглинистая	11	0,4	7,6	15,5	11,4	16,2	5,4
Серая лесная легкосуглинистая	10	0,4	10,1	16,3	5,5	19,4	6,3
Аллювиальная дерново-карбонатная легкогоглинистая	18	0,3	6,4	14,5	5,9	15,9	7,6
ПДК подвижных форм		0,5*	6,0	4,0	6,0**	23	3,0

* Ориентировочно допустимые концентрации валового содержания, ПДК подвижных форм не установлено.

** Хром трехвалентный

Содержание цинка в почвах составляет $5 \cdot 10^{-3} \%$. Источники его поступления в почву: выбросы цветной и черной металлургии, сжигание топлива, осадки промышленных и коммунальных сточных вод, фосфорные удобрения (50-1450 мг/кг), известковые материалы (10-450 мг/кг).

Из всех тяжелых металлов наиболее подвижный элемент и хорошо усваивается растениями. Следует отметить, если его содержание в почве менее 30 мг/кг, то не обеспечивается накопление его необходимого количества растениями. В результате животные, поедая несбалансированный по цинку корм, подвержены тяжелым заболеваниям.

Учитывая вышесказанное, рассмотрим экологическую ситуацию Ульяновской области по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в почвах реперных участков в среднем за 1994-2004 гг. (табл.).

Анализ данных таблицы показывает, что содержание подвижных форм кадмия в почвах области варьирует в небольших пределах – 0,3-0,5 мг/кг, что практически не превышает ОДК. Однако, если учесть, что это ориентировочно допустимые концентрации валового содержания, а подвижность кад-

мия достаточно высокая (до 50 %), вполне возможно загрязнение им сельскохозяйственной продукции.

Содержание подвижных форм свинца практически на всех типах и подтипах почв разного гранулометрического состава и разным содержанием гумуса превышает предельно допустимые его концентрации до 1,7 (серая лесная легкосуглинистая, ООО «Новосельское» Сенгилеевского района) и 1,8 раз (чернозем типичный легкосуглинистый, СПК «Заря» Старокулаткинского района). Последнее обусловлено прежде всего значительно возросшими выбросами автотранспорта, который является основным поставщиком свинца на поверхность почв.

Обращает на себя внимание достаточно высокое содержание подвижного никеля в пахотном слое, в 3-4 раза и более превышающее ПДК. Никель относится к умеренноопасным элементам и необходим растениям в очень малых количествах. При избытке никеля наблюдается развитие хлороза, некроза и увядание растений, а у животных происходит эндемическое заболевание, ухудшение зрения, вплоть до канцерогенного проявления. В связи с этим контроль качества сельскохозяйственной

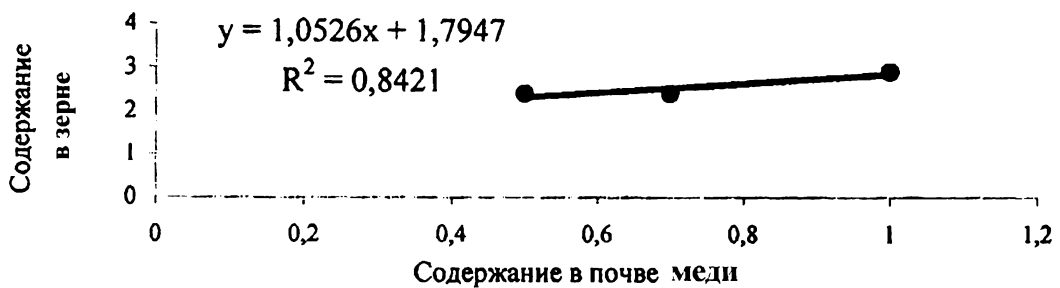
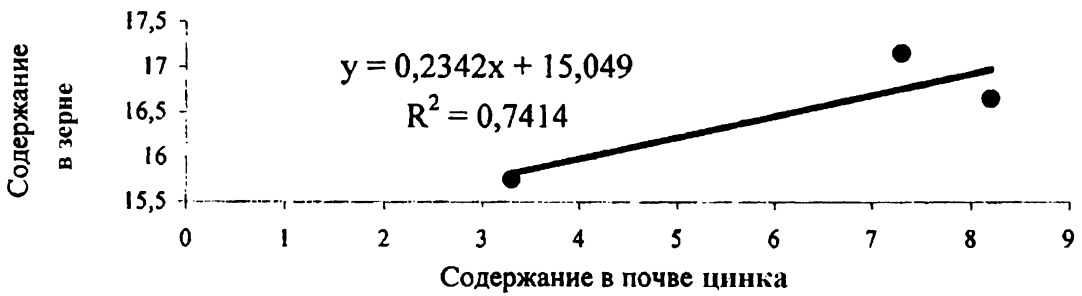
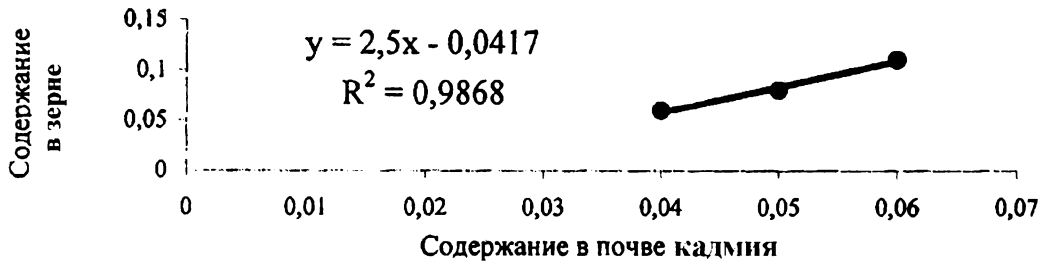
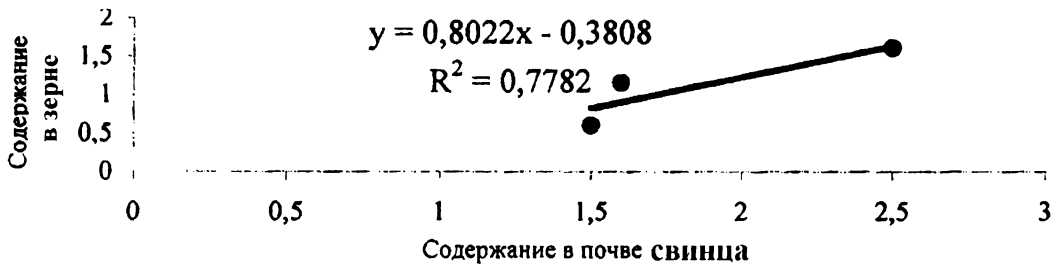


Рис.2. Накопление тяжелых металлов в зерне овса (мг/кг) в зависимости от содержания их подвижных форм в почвах (мг/кг)

продукции по содержанию никеля обязателен.

Что касается хрома (трехвалентного, шестивалентный – наиболее токсичный – в наших почвах практически не обнаруживается) и цинка, содержание их подвижных форм в почвах области не вызывает опасений. Более того, в ряде случаев может возникнуть необходимость внесения цинксодержащих удобрений.

Медь, несмотря на то, что, являясь биогенным элементом, оказывает благотворное влияние на организм (усиливается прочность хлорофилло-белкового комплекса, повышается устойчивость растений к полеганию, способствует увеличению засухо-, морозо-, жароустойчивости растений и т.д.) относится ко второй группе по опасности, так как все соли меди токсичны (в целом для растений 2 раза токсичнее Zn). Транслокационный показатель вредности меди (3,5 мг/кг) поэтому незначительно превышает ПДК подвижных форм в почве (3,0 мг/кг). Содержание последних в почвах области в среднем в 1,4-2,7 раз превышает ПДК. Последнее также обуславливает необходимость контроля за качеством продукции сельскохозяйственных культур по содержанию данного элемента.

Определяющим фактором, влияющим на поступление ТМ в растения, является тип почвы, pH, ее гранулометрический состав, состав органического вещества, формы нахождения элемента в почвенном растворе и биологические особенности возделываемых культур. Тем не менее, как правило, проявляется общая закономерность, чем больше элемента в почве (прежде всего в подвижной форме), тем больше поступает его в растения. Сказанное хорошо иллюстрирует приводимый ниже рисунок 2.

Однако не всегда эта закономерность соблюдается в отношении продовольственной части продукции. Так, поступление свинца из почвы в растения увеличивается не пропорционально росту его содержания в почве. Так, у пшеницы наибольшее количество свинца находится в корнях, затем в стеблях, листьях и наименьшее – в зерне. По-видимому, в корнях растений существует механизм, препятствующий передвижению свинца в надземные органы растений (4).

Считаем необходимым отметить, что в последние годы наблюдается тенденция к увеличению содержания ТМ в растительной продукции, а по таким элементам, как Cd, Pb, Ni, Cr установлено

превышение гигиенических норм в 36 случаях (в культурах, отобранных с реперных участков локального мониторинга). Превышение по кадмию установлено в зерне озимой пшеницы, озимой ржи, яровой пшеницы, ячменя, гороха, овса в 2,0; 1,5; 1,6; 2,1; 1,8; 1,8 раз соответственно, по свинцу – в зерне озимой пшеницы, озимой ржи, яровой пшеницы, ячменя, гороха в 1,04; 1,5; 1,2; 2,6; 1,60 раз соответственно. Превышение по никелю наблюдалось: в соломе озимой пшеницы в 1,04 раза, яровой пшеницы в 2,0 раза, ячменя – в 2,8 раз, гороха – 3,5 раз, овса – 1,7 раз, в зеленой массе вико-овсяной смеси – 4,6 раз, в сене многолетних трав – в 6,1 раз. Имеются случаи превышения ПДК по хрому.

Количественную характеристику уровня перехода ТМ в системе почва – растение выражают через величину коэффициента биологического поглощения (КБП), который представляет собой отношение ТМ в растении к их содержанию в почве. В рамках мониторинга на реперных участках установлено, что для большинства сельскохозяйственных культур характерен следующий ряд тяжелых металлов по значению коэффициента биологического поглощения: Zn>Cu>Cd>Ni>Cr>Pb. Однако по способности аккумуляции ТМ в зависимости от условий произрастания культуры могут заметно различаться. Например, для пшеницы (зерно) он составляет: Cu>Zn>Cd>Ni>Pb.

Таким образом, анализ результатов экологического мониторинга, проводимого в области в условиях реперных участков, показал, что впервые удалось получить информацию не только по содержанию подвижных форм тяжелых металлов в почвах области, но и тенденциях его изменения в динамике, а также об уровнях накопления их в растительной продукции.

В систему локального мониторинга входят не только почвенный блок и растения, но и гидрологическая составляющая агроэкосистемы. Последнее позволяет в пространстве и во времени проследить качественные и количественные изменения и их направленность, масштабность и глубину, происходящие в цепочке атмосферные осадки – поверхностные и грунтовые воды – почвы – сельскохозяйственные растения, протекающие в конкретных почвенно-климатических и экологических условиях изучаемого региона. Последнее является предметом будущих исследований авторов.

Литература

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
2. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 1985. – 263 с.
3. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: МГУ, 1994. – 272 с.
4. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 1. – Пушкино, 1999. – 164 с.
5. Экогеохимия городских ландшафтов. – М.: МГУ, 1995. – 333 с.