

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ РОССИИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ: ИСТОЧНИКИ, МАСШТАБЫ, ПРОГНОЗЫ

Т. И. Борисочкина, Ю. Н. Водяницкий

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН

Огромная площадь территории России создает ошибочное представление о безграничности и неисчерпаемости ее земельных ресурсов. Поступление тяжелых металлов в биосферу, обусловленное хозяйственной деятельностью, приводит к возникновению техногенных геохимических аномалий. Основными источниками загрязнения почв тяжелыми металлами являются атмосферные выбросы промышленных предприятий, автотранспорта, осадки сточных вод, средства химизации сельского хозяйства.

Техногенное загрязнение. В последние годы техногенное загрязнение стало одним из мощных факторов деградации почв. Аэрогенный способ загрязнения почв тяжелыми металлами находится на первом месте, как наиболее масштабный и постоянно действующий фактор.

Таблица 1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, млн. т (Российский статистический..., 2004)

Выбросы	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
От стационарных источников	21,3	20,3	19,3	18,7	18,5	18,8	19,1	19,5	19,5
От автотранспорта	11,0	11,0	11,3	11,8	12,2	13,5	14,2	14,4	14,8

В 1999 г. приостановлен продолжавшийся в течение предыдущих лет спад промышленного производства, который сопровождался снижением антропогенного воздействия на природную среду. Рост парка автомобилей привел к увеличению поступления загрязнителей за счет автотранспорта. В 1999 г. валовой выброс вредных веществ от стационарных источников в целом по Российской Федерации равнялся 18.539 мил. т, что составило 58 % от выбросов 1991 г. (Государственный (национальный) доклад..., 2000). Необходимо отметить, что основная часть промышленных выбросов от стационарных источников (около 65%) приходилась на европейскую территорию России.

Топливо-энергетический комплекс России остается крупнейшим промышленным источником загрязнения окружающей среды. На его долю приходится около 48% выбросов вредных веществ в атмосферу и 27% сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, свыше 30% твердых отходов и до 70% общего объема выбросов парниковых газов.

Таблица 2. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в 1999 г. (Государственный (национальный) доклад..., 2000).

Отрасли промышленности	Выбросы, тыс.т
Электроэнергетика	3936
Цветная металлургия	3312
Черная металлургия	2330
Нефтедобывающая промышленность	1328
Нефтеперерабатывающая промышленность	748
Угольная промышленность	560
Газовая промышленность	456
Машиностроение и металлообработка	454
Промышленность строительных материалов	417
Всего:	14704

Из предприятий электроэнергетики выделяются Рефтинская ГРЭС (г. Асбест, Свердловская обл.) с объемом выбросов 279.3 тыс. т, Новочеркасская ГРЭС – 138.0 тыс. т, Приморская ГРЭС (г. Лучегорск, Приморский край) – 81.5 тыс. т, Аргачшская ТЭЦ (пос. Новогорский, Челябинская обл.) – 79.6 тыс. т, Череметская ГРЭС (г. Суворов, Тульская обл.) – 73.1 тыс. т, Южноуральская ГРЭС (Челябинская обл.) – 65.3 тыс.т., Рязанская ГРЭС (г. Новомичуринск, Рязанская обл.) – 63.6 тыс.т.

В электроэнергетике твердые вещества, содержащие тяжелые металлы, составляют 1065.2 тыс. т. или 27% от общего объема выбросов отрасли.

В черной металлургии твердые отходы составляют 341.44 тыс. т. (14% от общего объема выбросов отрасли); в цветной металлургии – 233.01 тыс. т (7%); в угольной промышленности – 54.27 тыс. т (10%) (Государственный (национальный) доклад..., 2000).

Таким образом, по объемам промышленных выбросов твердых веществ, содержащих тяжелые металлы, на первом месте оказываются предприятия электроэнергетики, далее идут предприятия цветной и черной металлургии.

По данным Государственного (национального) доклада за 1999 г. (Государственный (национальный) доклад..., 2000), первые десять мест по величине техногенной нагрузки на единицу поверхности занимают Липецкая (15,4), Челябинская (11,1), Кемеровская (10,3), Тульская (8,8), Свердловская (6,5), Самарская (6,5), Пермская (4,4), Вологодская (4,3), Оренбургская (4,1) области, Республика Татарстан (4,1).

Наибольшие техногенные нагрузки, приходятся на Уральский (>10 т/км²), Центральный и Центрально-Черноземный (5–10 т/км²), Волго-Вятский, Поволжский, Северо-Кавказский, Западно и Восточно-Сибирский (1–2 т/км²) округа. Половина субъектов Российской Федерации

имеет нагрузки превышающие 1 т/км² в год (Государственный (национальный) доклад..., 2000).

Сельскохозяйственное загрязнение. В настоящее время большую опасность для почв и сельскохозяйственной продукции представляет бесконтрольное использование в качестве удобрений осадков сточных вод городов и районных центров из-за высокого содержания в них тяжелых металлов (Аристархов, 2000). Наиболее опасным последствием их применения является загрязнение почвы кадмием. Этот элемент легко поступает в растения и очень плохо выводится из организмов людей или животных. Кадмий может накапливаться в почках, печени и вызывать заболевания костей скелета. Высокое содержание металлов в осадках сточных вод может оказаться токсичным для растений (Алексеев, 1987). В табл. 3 приведены данные содержания тяжелых металлов в сухом веществе осадков сточных вод крупных городов и пригородных центров.

Таблица 3. Содержание металлов в сухом веществе осадков сточных вод, мг/кг

Станции аэрации	Zn	Cu	Mn	Ni	Co	Cr	Pb	Cd	Источник
Москва	617–1300	152–200	750	81–110	21–80	318–600	41–80	45–125	Никифорова (2002); Плеханова и др., (1995)
Санкт-Петербург	1250	1350	250	380	50	740	480	17	Алексеев (1987)
Пригородные центры Санкт-Петербурга	900–3600	155–1550	295–1900	50–380	50	260–3100	52–130	5–60	»
Новосибирск	4800	1500	–	255	–	2590	270	66	Ильин (1991)

Городские осадки полей фильтрации Москвы, Санкт-Петербурга, используемые в качестве органических удобрений в почвах пригородных агроландшафтов, являются геохимически активным субстратом и интенсивным загрязнителем с высокими содержаниями ряда токсичных тяжелых металлов, таких как кадмий, свинец, медь, цинк.

В результате освоения и длительного применения осадков сточных вод изменились химические свойства пахотных почв, которые перешли в стадию антропогенно-деградированных почв, интенсивно загрязненных большой группой тяжелых металлов. В почвах сельскохозяйственных угодий сформировалось комплексное полиэлементное загрязнение с высокой вариабельностью содержания тяжелых металлов (Кутукова, Плеханова,

2002; Никифорова, 2002). Спектр их загрязнения совпадает с составом тяжелых металлов в осадках городских стоков.

Поскольку основная часть тяжелых металлов в осадках сточных вод связана с органическим веществом, тяжелые металлы более интенсивно мигрируют в ландшафте, формируя геохимические аномалии. Проведенная экспертная оценка состояния экологической обстановки в местах использования осадков сточных вод в агроландшафтах Восточного Подмосковья показала, что пахотные почвы данной территории относятся к средней, сильной и чрезвычайно сильной степени загрязнения тяжелыми металлами (Никифорова, 2002). При этом установлено, что коэффициенты накопления подвижных форм тяжелых металлов в 3–10 раз выше, чем коэффициенты их накопления по валовому содержанию, что свидетельствует о доступности металлов для растений (Никифорова, 2002). Применение различных мелиорантов (торфа, цеолитов) снижает подвижность и поступление тяжелых металлов в растения всего лишь на 15–20%, что недостаточно для получения экологически чистой продукции (Кутукова, Плеханова, 2002).

Анализ поступления тяжелых металлов в агроландшафты Московской обл. на территориях, удаленных от промышленных и энергетических предприятий, показал, что источником наименьшего их поступления в почву являются минеральные удобрения. Более высокие концентрации тяжелых металлов поступают в почву с фосфорными удобрениями (Войтович и др., 2002). Состав фосфорных удобрений во многом определяется месторождением фосфатного сырья. Зарубежное фосфатное сырье отличается повышенным содержанием кадмия (Карпова, 2003)

Расчеты государственного центра агрохимической службы «Московский» показали, что с каждым килограммом питательных веществ минеральных удобрений, применяемых в Московской обл., вносится свинца – 19, цинка – 14,5, кадмия – 4,5, никеля – 22,2 и хрома – 6,1 мг. В 1981–1990 гг. в среднем по области было внесено 283 кг/га НРК, с которыми поступило в почву: свинца 5,4, цинка 5,7, меди 4,1, кадмия 1,3, никеля 5,3 и хрома 1,7 кг/га (Войтович и др., 2002). В последующие годы, когда применение минеральных удобрений значительно снизилось (с 88 в 1990 г. до 15 кг/га в 1999 г.), соответственно уменьшилось поступление в почву тяжелых металлов.

Анализ многолетних наблюдений за уровнем и структурой поступления тяжелых металлов в почвы пахотных угодий и результаты агрохимического мониторинга показывают, что непосредственной опасности загрязнения почв за счет традиционных средств химизации не наблюдается (Ефимов и др., 2001; Карпова, 2003; Потатуева и др., 2001).

Агроэкологическая оценка пахотных почв России по содержанию в них тяжелых металлов и продуктивности сельскохозяйственных культур (по данным агрохимслужбы) производится на основе картографирования почв

Таблица 4. Среднее содержание тяжелых металлов в удобрениях и мелиорантах, мг/кг (Войтович и др., 2002)

Удобрение	Pb	Zn	Cu	Cd	Ni	Cr
Аммиачная селитра	0.25	0.5	1.0	0.3	0.9	0.6
Сульфат аммония	0.6	0.4	1.0	0.9	4.3	0.6
Мочевина	1.3	6.0	0.8	0.25	7.5	0.0
Суперфосфат двойной гранулированный	38.0	14.2	13.0	3.5	17.0	41.0
Суперфосфат простой гранулированный	42.5	19.3	14.3	3.5	24.8	10.0
Хлористый калий	12.5	12.3	4.5	4.3	19.3	0.5
Калийная соль (40%)	6.0	30.0	10.0	2.5	19.3	0.5
Сульфат калия	6.0	18.0	1.0	1.0	0.0	0.0
Азофоска	10.5	31.1	20.0	1.3	11.0	3.2
Нитрофоска	5.0	7.6	10.8	1.0	4.3	3.2
Аммофос	7.0	34.2	30.0	0.6	4.4	3.2
Нитроаммофос	4.7	20.0	11.4	0.4	4.7	4.7
Фосфоритная мука	30.0	81.0	45.0	1.3	73.6	40.0
Известняковая мука	37.5	21.0	5.8	3.5	30.0	37.0
Меловые отходы	45.0	80.0	60.0	2.0	10.3	46.0
Навоз, влажность 75%	2.9	12.1	2.4	1.1	8.8	9.3
Зола ТЭЦ	0.1	675.0	862.0	0	108.0	80.0
Фосфогипс	42.0	67.0	49.0	5.0	9.0	69.0
Пиритные огарки	4500	10000	4000			

по содержанию валовых форм тяжелых металлов и проведения специальных опытов с поллютантами. Установлено, что при общей, пока благополучной обстановке по загрязнению почв Российской Федерации тяжелыми металлами, в ряде регионов уровень их загрязнения достаточно высокий. Площади загрязнения почв Российской Федерации различными элементами располагаются в следующем порядке (% от обследованных): Cu(3.8) > Ni(2.8) > Co(1.9) > Pb(1.7) > Cd(0.6) > Cr(0.6) > F(0.3) > Zn(0.2). По областям (краям) этот ряд меняется достаточно разнообразно, что обуславливается спецификой техногенных выбросов (табл. 5).

Агрохимической службой России проведено обследование на значительных площадях сельскохозяйственных угодий на содержание тяжелых металлов в почве. Результаты обследования показали, что 0.4 млн. га сельскохозяйственных угодий загрязнены медью, свинцом, цинком, никелем, кадмием и другими тяжелыми металлами.

Загрязнение атмосферного воздуха и почв оказывает влияние на качество сельскохозяйственной продукции, вызывает угнетение растительности и снижение урожая на 10–20%.

Таблица 5. Характеристика пахотных почв РФ по превышению в них ПДК по тяжелым металлам (на 01.01.1996 г.) (Государственный (национальный) ..., 1996)

Область, край, республика	Обследованная пашня, % от общей площади	Площади почв с превышением ПДК по тяжелым металлам, % от обследованной площади							
		Pb	Cd	Hg	Ni	Cr	Zn	Co	Cu
Мурманская	32–45	–	0.70	–	6.70	–	1.30	–	53.70
Ленинградская	15–22	0.98	–	–	0.21	–	0.21	–	0.52
Брянская	2	1.43	1.80	–	–	–	0.16	–	–
Костромская	36	0.70	1.70	–	9.30	–	0.40	–	29.30
Московская	79	–	0.12	–	–	–	–	–	0.04
Мордовская республика	4–9	0.20	15.30	15.30	–	–	0.20	–	27.70
Белгородская	6	–	1.90	1.90	–	–	–	–	–
Воронежская	24–57	0.70	0.40	0.40	3.20	–	–	–	0.02
Республика Дагестан	3–11	–	–	–	–	–	–	22.60	22.6
Самарская	2–3	4.60	–	–	–	30.00	26.80	82.60	–
Всего по РФ	5–30	1.70	0.60	–	2.80	0.60	0.20	1.90	3.80

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время загрязнение почв сельскохозяйственных угодий России тяжелыми металлами не является значительным по площади. Загрязнение наиболее характерно для территорий, примыкающих к промышленным предприятиям, теплоэлектростанциям, автомобильным трассам, к местам использования осадков сточных вод.

Однако в агроландшафтах, находящихся в зоне техногенного воздействия, необходим систематический контроль за состоянием почв и растений. Особого внимания требуют почвы территорий, на которых используются осадки сточных вод.

Используемые минеральные удобрения не являются значительным источником поступления тяжелых металлов в агроландшафты. Однако при использовании высоких доз фосфорных удобрений необходимо проводить

контроль содержания в почве не только тяжелых металлов (в частности кадмия), но и таких элементов, как фтор, стронций и мышьяк.

Начиная с 1996 г., работы по мониторингу земель за счет средств федерального бюджета проводятся только по тестовым территориям, что серьезно отражается на качестве экологической информации (Государственный (национальный) доклад..., 2002). В 1997 г. по сравнению с 1991 г. почти на 40% сократилось количество пунктов наблюдений Госгидрометеослужбы. Количество показателей по плодородию почв, систематически отслеживаемых Агрехимслужбой, также уменьшилось.

Сопоставление актуальной динамики основных экономических и экологических показателей за последние годы выявляет главную тенденцию современного природопользования: темпы снижения производства намного опережают темпы сокращения его «давления» на природную среду. Если за 1990–1999 гг. валовой внутренний продукт снизился на 40%, продукция промышленности – на 50%, то водопотребление уменьшилось лишь на 27%, а сброс загрязненных сточных вод – на 26% (Российский статистический..., 2004).

Прогрессирует экологическая деградация хозяйственной структуры. В ней заметно увеличилась роль природоёмких, экологически агрессивных отраслей (топливной промышленности, электроэнергетики, черной и цветной металлургии) и уменьшилась доля экологически более приемлемых производств (машиностроения, легкой промышленности).

Необходимо расширить исследования по мониторингу качества земель, включающего исследования как по выявлению загрязнения почв токсичными элементами, так и по исследованию обеспеченности почв элементами питания, в частности микроэлементами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, Ленинградское отд-е, 1987. 142 с.

Аристархов А.Н. Эколого-агрехимическое обоснование оптимизации питания растений и комплексного применения макро- и микроудобрений в агроэкосистемах: Дис. в виде науч. докл. ... д. б. н. М., 2000. 50 с.

Войтович Н.В., Полев Н.А., Останина А.В. Оценка загрязнения почв сельскохозяйственного использования в результате агрогенного воздействия // Почвы Московской области и их использование. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2002. Т.1. С. 372–384.

Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1995 г. М.: Русслит, 1996. 120 с.

Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель РФ в 1999 г. М.: Открытые системы, 2000. 116 с.

Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель РФ в 2001 г. М.: Федерал. служба земель. кадастра России, 2002. 155 с.

Ефимов В.Н., Сергеева Т.Н., Величко Е.В. Влияние длительного применения удобрений на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой глинистой почве // Агрехимия. 2001. № 10. С.68–72

Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1991. 151 с.

Карпова Е.А. Состояние микроэлементов в агроэкосистемах: Тр. биогехимической лаборатории. М.: Наука, 2003. Т.24. С. 6–87

Кутукова Ю.Д. Состояние тяжелых металлов в почвах и накопление их в растениях при внесении осадков сточных вод и мелиорантов: Автореф. дис. ... к. б. н. М., 2001. 25 с.

Кутукова Ю.Д., Плеханова И.О. Влияние мелиорантов на состояние тяжелых металлов в почвах и содержание их в растениях при использовании осадков сточных вод в качестве удобрения // Агрехимия. 2002. № 12. С. 68–74

Никифорова Е.М. Эколого-гехимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами агроландшафтов Восточного Подмосковья (в связи с внесением осадков сточных вод) // Гехимия ландшафтов и география почв. Смоленск, 2002. С.185–210

Плеханова И.О., Кутукова Ю.Д., Обухов А.И. Накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями при внесении осадков сточных вод // Почвоведение. 1995. № 12. С.1530–1535

Потатуева Ю.А., Касицкий Ю.И., Сидоренков Н.К., Хлыстовский А.Д., Игнатов В.Г., Прищеп Е.Г. Распределение подвижных форм тяжелых металлов, токсичных элементов и микроэлементов по профилю дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы при длительном систематическом применении удобрений // Агрехимия. 2001. № 4. С.61–66

Российский статистический ежегодник. М.: Росстат, 2004. 725 с.