

Литература

1. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2013 год / Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. – Астана, 2014. – 280 с.
2. Земельные ресурсы Республики Казахстан /Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. – Астана, 2013. – 238 с.
3. Отчет о мелиоративном состоянии орошаемых земель Алматинской области за 2005–2011 годы / Жетысуская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция. – Талдыкорган, 2012. – 215 с.
4. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Казахстана в 2005–2013 годах / Агентство Республики Казахстан по статистике. – Астана, 2014. – 461 с.
5. Жамбакин Ж.А. Пастбища Казахстана. – Алматы, 2011. – 189 с.
6. Алимаев И.И., Жамбакин Ж.А., Прянишников С.Н. Улучшение и рациональное использование аридных пастбищ. – Алматы, 2009. – 418 с.



УДК 911:631.4

З.Н. Квасникова, Н.С. Евсеева

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОКА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлены результаты многолетних эколого-геохимических исследований антропогенных ландшафтов юго-востока Томской области. Выявлено, что серые лесные почвы и делювий характеризуются средней и повышенной степенью буферности, обладают значительными возможностями по дезактивации поступающих тяжелых металлов. Полученные материалы могут быть использованы для оценки эколого-геохимического состояния почвенного покрова природных и антропогенных ландшафтов подзоны южной тайги Западно-Сибирской равнины.

Ключевые слова: буферность, серые лесные почвы, тяжелые металлы, Томская область.

Z.N. Kvasnikova, N.S. Evseeva

THE ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE ANTHROPOGENIC LANDSCAPE SOILS IN THE SOUTH-EAST OF THE TOMSK REGION

The results of the many years'ecological and geochemical research of the anthropogenic landscapes in the south-east of the Tomsk region are presented in the article. It is revealed that the gray forest soils and the deluvium are characterized by the medium and high degree of the buffering capacity and possess significant opportunities on the decontamination of the received heavy metals. The received results can be used to assess the ecological and geochemical soil cover condition of the natural and anthropogenic landscapes of the southern taiga subzone in the West Siberian Plain.

Key words: buffering capacity, gray forest soils, heavy metals, Tomsk region.

Введение. В современном мире под действием всевозрастающего потока загрязнителей, поступающих в окружающую среду, происходит изменение биогеохимической структуры ландшафтов. Почва – один из компонентов ландшафта, способных снижать отрицательные последствия антропогенного загрязнения. Именно почвенный покров, в котором пересекаются все потоки вещества и энергии, в конечном итоге принимает на себя все давление отходов различных видов производства и жизнедеятельности человека, выполняя важнейшую роль природного буфера и детоксиканта. В

отличие от воздушной и водной среды, обладающих высокой способностью к рассеиванию загрязнителей, в почвенном покрове миграция веществ идет медленнее и часто он является субстратом, в котором происходит депонирование загрязняющих веществ.

Миграция химических элементов в пределах почвенного профиля представляет весьма сложные многосторонние процессы. Образовавшиеся при этом соединения химических элементов характеризуются разной геохимической подвижностью и обуславливают те аккумулятивно-миграционные процессы элементов почв, которые приводят к закреплению или выносу их за пределы почвенного профиля. В свою очередь подвижность химических элементов зависит от их формы нахождения в почвах, ландшафтно-геохимических условий региона и особенностей антропогенной нагрузки.

Немаловажную роль на характер миграции химических элементов, в том числе и тяжелых металлов, оказывают свойства почвы: механический и минеральный состав, обогащенность ее органическим веществом, направление и глубина процесса почвообразования, гидрогенная миграция и аккумуляция солей и т.д. Способность почв инактивировать поступающие тяжелые металлы, переводить их в соединения, малодоступные для растений, является важным показателем устойчивости ландшафтов в целом и называется буферностью [1]. Чем выше буферная способность почвы, тем большее количество элементов она в состоянии переводить в слабомигрирующие соединения.

Цель исследований. Оценка буферности почв и делювия на пашне юго-востока Томской области по отношению к тяжелым металлам, поскольку знание буферности почв способствует более объективной оценке современного эколого-геохимического состояния почвенного покрова природных и антропогенных ландшафтов.

Объекты и методы исследований. Пашня в пределах южной тайги и подзоны мелколиственных лесов Томь-Яйского междуречья на юго-востоке Томской области. В сельскохозяйственное производство здесь вовлечены в основном серые лесные, темно-серые лесные и светло-серые лесные почвы (рис. 1, б).

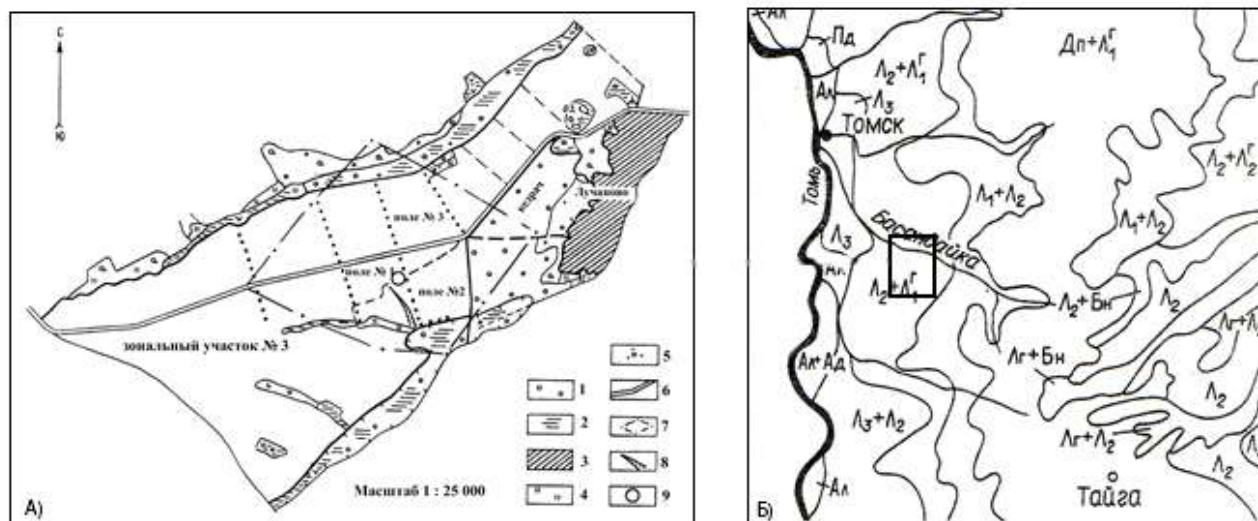


Рис. 1. Лучановский ключевой участок: а – территория Лучановского ключевого участка: 1 – лесополоса; 2 – заболоченный участок; 3 – с. Лучаново; 4 – разнотравный луг; 5 – кустарники; 6 – дороги; 7 – ключевой участок; 8 – овраг; 9 – суффозионно-просадочная западина [2]; б – схема строения почвенного покрова Томь-Яйского междуречья почвы: Л₁, Л₂, Л₃ – соответственно светло-серые, серые и темно-серые [3]; □ – положение Лучановского ключевого участка на территории Томь-Яйского междуречья

Ландшафты исследуемого участка входят в зону наибольшей биологической продуктивности на территории Томской области и в результате интенсивного антропогенного воздействия претерпели значительные изменения: площадь антропогенных ландшафтов на Томь-Яйском междуречье составляет более 43 %, среди которых наибольшие площади заняты пашнями с посевами зерновых технических культур и посадками овощей [4].

На пашнях агротехническая обработка почв проводится многократно в течение вегетационного периода и включает вспашку, боронование, сев, культивацию, внесение средств химизации. При обработке происходит механический износ орудий в процессе контакта с почвой. Кроме того, вся поверхность почв испытывает воздействие выбросов транспортных средств. Эти виды воздействия способны поставлять в почву многие химические элементы, в том числе и тяжелые металлы [5].

С целью изучения эколого-геохимического состояния природных и антропогенных ландшафтов юго-востока Томской области нами проводились ежегодные снегосъемки в микромасштабе (замеры толщины снега через 10 м), наблюдения за снеготаянием, обмер струйчатых размывов, отбор проб почв, делювия, воды на различные виды анализов (гранулометрический, содержание гумуса, концентрацию элементов питания – азота, фосфора, микроэлементов и др.). Проводились также исследования водно-физических свойств почв, были составлены почвенно-геоморфологические профили и детальные почвенно-эрозионные карты на ключевые участки, а также крупномасштабные и среднемасштабные тематические карты на территорию ряда районов. Наблюдения на ключах дополняются маршрутными обследованиями пашни на Томь-Яйском, Яя-Кийском, Обь-Томском, Обь-Чулымском и Обь-Шегарском междуречьях.

Опробование и подготовка проб для анализа осуществлялись в соответствии с ведомственными руководствами, инструкциями и ГОСТами [6, 7]. Отбор почвенных проб на ключевых участках (плакорные и склоновые участки пашни) проводился в одно и то же время года – весной (апрель–май 1998–2013 гг.) – погоризонтно и пунктирно-бороздовым методом. Общее содержание микроэлементов в почвах, делювиальных отложениях определялось количественным спектральным анализом в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета.

Наиболее детальные исследования проводились на Лучановском ключевом участке, расположенном в 20 км к юго-востоку от Томска (рис. 1, а). Участок площадью более 50 га занимает часть Томь-Басандайской междуречной равнины (рис. 1, б). Рельеф территории характеризуется чередованием балок, распаханых ложбин и водоразделов между ними. Абсолютные высоты в пределах участка составляют 125–160 м, а относительные колеблются от первых десятков сантиметров до 35–40 м. Средние углы наклона земной поверхности изменяются от 0–3 до 5–9°. Микрорельеф склонов различен. Наиболее сложен микрорельеф пахотных угодий на склоне южной экспозиции, где на площади около 13,3 га хорошо выражены распахиваемая ложбина, длиной 250 м и глубиной до 3–5 м в устье; суффозионно-просадочные депрессии до 45–60 м в поперечниках и до 2–3 м глубиной (рис. 1, а). Крутизна склонов южной экспозиции изменяется в широких пределах от 0 до 20°. Почвенный покров в пределах Лучановского ключевого участка представлен в основном серыми лесными почвами на озерно-аллювиальных суглинисто-глинистых отложениях ранне-среднеплейстоценового возраста.

В пределах пашни на исследуемом участке во время снеготаяния, ливней на склонах круче 0°,30' развивается эрозия почв, согласно СНиП-95 [8], от слабой (0–2 м³/га) до очень сильной (более 10–15 м³/га год). В результате эрозии происходит перемещение значительных объемов почвенных частиц вниз по склонам. Часть делювия откладывается на участках склонов пашни с меньшей крутизной и образуются «поля аккумуляции» делювия. Площадь их в отдельные годы достигает 1600 м², а мощность делювия – до 10–15 см (рис. 2).

В нижней части склонов конусы выноса образуют местами делювиальные шлейфы. Часть делювия поступает на днища ложбин и суффозионно-просадочных депрессий, что способствует формированию «намытых» почв. Вследствие вышеописанного распределения делювия на пашне нами отбирались пробы почв и делювия. Буферность почв по отношению к тяжелым металлам прямо пропорционально зависит от степени гумусированности, карбонатности, содержания тонкодисперсной фракции, емкости катионного обмена и др. К числу основных факторов, определяющих

величину буферности, относится также щелочно-кислотная реакция (рН) среды, только корреляция между величинами рН и буферности обратная [9].



Рис. 2. Делювий на пашне Лучановского ключевого участка (2014 г.)

В данной работе для изучения буферной способности почв и делювиальных отложений по отношению к тяжелым металлам были использованы рекомендации оценки буферности, разработанные В.Б. Ильиным [1]. В предложенной им оценочной шкале по каждому из 4 критериев нами определены ранги, каждому из которых соответствует балл. Определение полуторных оксидов не проводилось. В соответствии с методикой В.Б. Ильина их содержание в почвах может быть приравнено к валовому количеству Fe_2O_3 [9]. Данные о содержании Fe_2O_3 в почвах исследуемого района нами были получены из опубликованных источников [10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение. С учетом всех дополнений был рассчитан балл буферности для серых лесных почв и делювиальных отложений агроландшафтов Лучановского ключевого участка за период с 2003 по 2013 г. (табл. 1).

Таблица 1

Оценка буферности почв и делювия агроландшафтов Лучановского ключевого участка по отношению к тяжелым металлам (2003–2013 гг.)

Объект	Свойства почвы, определяющие ее буферность				Сумма баллов	Степень буферности
	Физ. глина, %	Гумус, %	рН	Fe_2O_3 , %		
Серая лесная почва пашни, 0-20 см	44,3 (10)	6,1 (6,5)	5,9 (5/12,5)*	3,9 (5,5)	27/34,5	Средняя/ повышенная
Делювий	50,2 (15)	5,9 (5)	6,3 (7,5/10)	4,1 (7)	4,5 /37	Повышенная/ повышенная

*Количество баллов, полученных за счет долевого участия свойства почвы; в знаменателе для элементов, подвижных в щелочной среде.

Содержание физической глины (< 0,01 мм), способной сорбировать тяжелые металлы и снижать их физиологическую доступность растениям, в почвах и делювиальных отложениях ключевого участка высокое и составляет соответственно 51,6–60 и 35,2–65,6 %. Уровень концентрации гумуса в верхнем горизонте почв варьирует от 3,3 до 6,5 % и в среднем составляет 6,1 %, а в делювиальных отложениях 5,9 % (от 1,4 до 6,2 %).

Почвы и делювиальные отложения, находящиеся на южном склоне пашни исследуемого участка, характеризуются слабокислой и нейтральной реакцией почвенного раствора – от 5,8 до 6,8. Действие кислотности почв на подвижность тяжелых металлов неоднозначно. Большинство тяжелых металлов подвижно в кислой среде: при нейтрализации растворов стронций, медь, цинк, кадмий, кобальт и другие тяжелые металлы образуют нерастворимые соединения и соответственно доступность их растениями снижается. Кроме того, имеется ряд металлов, подвижность которых при нейтрализации почвы возрастает. К ним относятся молибден и хром, которые способны в слабокислой и щелочной среде образовывать растворимые соли [12].

Анализ табл. 1 показывает, что почвы исследуемого участка обладают средней степенью буферности по отношению к элементам, подвижным в кислой среде, и повышенной степенью по отношению к элементам, подвижным в щелочной среде. Это обусловлено в первую очередь высоким содержанием тонкодисперсных частиц. Доля участия физической глины в формировании буферности почв и делювия превышает 1/3.

По отношению к элементам, подвижным в кислой среде, доля участия остальных свойств почвы, делювия (гумуса, рН, полуторных оксидов) примерно одинакова и колеблется в пределах от 14,5 до 24,1 %. По отношению к элементам, подвижным в щелочной среде, ведущая роль в формировании буферности почв принадлежит слабокислой реакции среды (36,1 %), в меньшей степени – гумуса и полуторных оксидов (табл. 2).

Таблица 2

Доля участия компонентов почвы и делювия, определяющая их буферность по отношению к тяжелым металлам, %

Объект	Физ. глина	Гумус	рН	Fe ₂ O ₃	Подвижность элемента
Серая лесная почва пашни, 0-20 см	37,0	24,1	18,5	20,4	В кислой среде
	29,0	18,8	36,1	15,9	В щелочной среде
Делювий	43,5	14,5	21,7	20,3	В кислой среде
	40,5	13,5	27,1	18,9	В щелочной среде

Таким образом, проведенные исследования показали, что по среднестатистическим характеристикам серые почвы и делювиальные отложения исследуемого участка характеризуются средней (27 баллов) и повышенной (34,5–37 баллов) буферностью и обладают значительными возможностями по инактивации поступающих тяжелых металлов. Однако буферная способность почв по отношению к тяжелым металлам не безгранична. Это связано с тем, что на водно-физические и биологические свойства почв существенный отпечаток накладывают склоновые эрозийные процессы, в результате которых смыв и переотложение почвенного материала (делювия) приводит к изменению способности почвенных компонентов поглощать и прочно удерживать тяжелые металлы, ограничивая их миграцию в ландшафте. Делювиальные процессы при этом играют неоднозначную роль.

1. В результате смыва почвенных частиц с плакоров и склонов пашни горизонты A₁A₂ и A₂V приблизились к поверхности, а зачастую целиком входят в пахотный слой. В серых лесных почвах исследуемого района наблюдается снижение по почвенному профилю содержания гумуса и количества глинистых частиц [10, 11, 13], вследствие чего возможно уменьшение степени буферности.

2. Ежегодно за исследуемый период (2003–2013 гг.) в делювиальных отложениях (конусы выноса, шлейфы) Лучановского ключевого участка отмечалось повышенное содержание тяжелых металлов по сравнению с верхними горизонтами почв плакоров пашни (рис. 3).

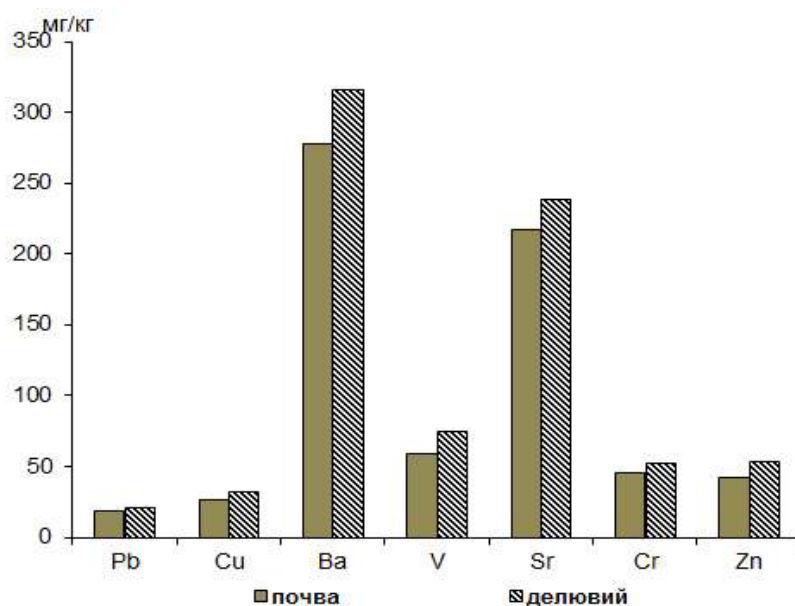


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в почвах плакоров (0–20 см) и делювии Лучановского ключевого участка (2003–2013 гг.)

Таким образом, в депрессиях, на днищах ложбин пашни со временем в намытых почвах могут накапливаться тяжелые металлы в повышенных концентрациях относительно регионального фона. В настоящее время в среднем валовое содержание химических элементов первого и второго классов опасности (Zn, Pb, Cu, Cr) ниже ориентировочно допустимых и предельно допустимых концентраций (ОДК и ПДК) для почв, используемых в агропроизводстве (табл. 3), и не представляет опасности окружающей природе.

Таблица 3

Содержание химических элементов в почвах пашни и делювии Лучановского ключевого участка (2003–2013 гг.)

Элемент	Почва, мг/кг в слое 0-20 см, n=35		Делювиальные отложения, n= 36, мг/кг		ОДК [14, 15]
	m	min/max	m	min/max	
Pb	19	7/42	20,5	8/36	32
Cu	26	3/50	32,3	8/93	132
Sn	3,8	2/14	2,7	2/4	-
Mn	607,4	230/1020	916	380/2500	1500
Ba	278	200/320	316	210/500	-
Co	12	10/18	12	10/18	-
V	59	18/155	75	14/180	150
Sr	217	200/300	238	200/450	-
Cr	46	19/107	52	14/108	-
Ni	38	9/78	38	8/85	80
Zr	254	72/743	216	67/580	-
Zn	42	30/60	54	30/53	220

Примечание. m – среднее содержание элементов; n – число проб.

В рамках многолетних исследований нами получены материалы, позволяющие оценить буферность серых лесных почв на пашне Лучановского ключевого участка по отношению к тяжелым металлам. Эти данные могут быть использованы для оценки эколого-геохимического состояния почвенного покрова природных и антропогенных ландшафтов юго-востока Томской области.

Литература

1. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // *Агрохимия*. – 1995. – № 10. – С. 109–113.
2. Евсеева Н.С., Пашнева Г.Е., Квасникова З.Н. Делювиальный процесс в агроландшафтах юга Томской области и его эколого-геохимические аспекты // *Вестн. ТГУ*. – 2013. – № 4. – С. 7–19.
3. Хмелев В.А., Панфилова В.П., Дюкарев А.Г. Генезис и физические свойства текстурно-дифференцированных почв. – Новосибирск: Наука, 1988. – 128 с.
4. Квасникова З.Н. Геохимические ландшафты Томь-Яйского междуречья (в пределах Томской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Томск, 2003. – 20 с.
5. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янина [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
6. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 191 с.
7. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М., 1983.
8. СНиП-95 СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий. – М., 1996. – 7 с.
9. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
10. Дюкарев А.Г. Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 284 с.
11. Середина В.П., Спирина В.З. Почвообразование в подтаежной зоне Западной Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 2012. – 206 с.
12. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
13. Непряхин Е.М. Почвы Томской области. – Томск: Изд-во ТГУ, 1977. – 437 с.
14. ГН 2.1.7.2041-06. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – М., 2006. – 3 с.
15. Ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (валовое содержание мг/кг) (Дополнение к перечню ПДК и ОДК № 6229-91). Гигиенические нормативы ГН. 2.1.7.020-94 (утверждено Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 27.12.1994. № 13). – М., 1994.

