

МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛОИДЫ В ЛЕСОСТЕПНЫХ И СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2013 Н.В. Прохорова

Самарский государственный университет, г. Самара

Поступила 06.12.2013

На основе многолетних эколого-геохимических исследований выявлены особенности накопления и распределения металлов и металлоидов в почвенном покрове лесостепных и степных ландшафтов Самарской области.

Ключевые слова: лесостепные и степные ландшафты, тяжелые металлы, металлоиды.

Для каждого конкретного региона важной экологической задачей является выявление фоновое содержания химических элементов в компонентах окружающей среды. Фоновые показатели позволяют осуществлять комплексное эколого-биохимическое картирование и районирование территории, определять обеспеченность биоты жизненно необходимыми элементами, оценивать степень полиметаллического загрязнения локальных участков, подверженных техногенному воздействию, осуществлять прогноз изменения состояния ландшафтов и разрабатывать природоохранные мероприятия. Наши исследования по определению фоновое содержания металлов (К, Са, Ti, Mn, Fe, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Rb, Pb, Mo, Zr, Nb, Y) и металлоидов (As, Se) осуществлялись в естественных лесостепных и степных ландшафтах, а также в агроландшафтах и урбо-ландшафтах, расположенных в границах Самарской области. Основная база геохимических данных была сформирована в период с 1991 по 2005 г.г. [1, 3, 6] и в последующие годы постоянно дополнялась новыми материалами, полученными на основе сопоставимых методов полевых и лабораторных исследований [2, 4, 5].

Количественный анализ химического состава образцов почвы и почвообразующих пород осуществляли по характеристическому рентгеновскому излучению и методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Данные о химическом составе атмосферы, природных вод, донных осадков и геологического фундамента изучаемой территории были получены на основе анализа литературы и некоторых ведомственных материалов [3].

В Самарской области антропогенно преобразованные ландшафты располагаются как в лесостепи, так и в степи, занимают часть пойменных ландшафтов. При этом агроландшафты распре-

лены более равномерно с некоторым преобладанием по площади в степных ландшафтах, а урбо-ландшафты и сопутствующие им транспортные системы сконцентрированы преимущественно в ее центральной лесостепной части.

В качестве индикаторных природных лесостепных и степных ландшафтов использовали их наиболее типичные участки на водоразделах, для пойменных ландшафтов – участки пойм рек Волги и Самары, площади которых максимальны на территории Самарской области. Антропогенно преобразованные ландшафты выделяли в лесостепных и степных ландшафтах. В качестве индикаторных агроландшафтов выделяли сельхозугодья многолетнего использования во всех административных районах области. В качестве индикаторных урбо-ландшафтов были выбраны промышленные города, различающиеся по масштабам и интенсивности техногенного (полиметаллического) воздействия на среду – Самара и Отрядный.

Прогрессирующее полиметаллическое загрязнение биосферы, в том числе и в изучаемом регионе, определило выбор в качестве анализируемых ингредиентов широкий спектр металлов и металлоидов. Часть из них входит в состав глобальных и региональных техногенных потоков загрязнения (Fe, Mn, Cr, V, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As, Se), Ca и K относятся к основным металлам-макроэлементам, кроме того, ими обогащены почвообразующие породы. Особенности ландшафтного перераспределения Zr, Sr, Rb, Nb, Y недостаточно изучены на региональном и даже биосферном уровне.

Для оценки общего эколого-геохимического статуса Самарского региона и его ландшафтных особенностей был осуществлен анализ содержания исследуемых элементов в атмосфере, природных поверхностных и подземных водах, почвообразующих породах и почвах. При этом исходили из того, что все перечисленные компоненты в той или иной степени участвуют в формировании региональной эколого-геохимической структуры. Относительно стабильные «вещественные»

компоненты (атмосфера, осадки, природные воды, почвообразующие породы, почвы) отвечают за общее содержание всех металлов и металлоидов в ландшафтах и участвуют в их перераспределении, концентрировании и рассеянии. Они – звенья биогеохимического круговорота. «Факторные» компоненты (климат, рельеф, техногенез) определяют скорость и направленность круговорота, существенно влияя на перераспределение элементов в «вещественных» компонентах и участвуя в эколого-геохимических взаимодействиях внутри каждого «вещественного» компонента. Факторные компоненты сами по себе могут быть как относительно стабильными (рельеф), так и весьма динамичными (климат, техногенез). На основе всех этих взаимодействий формируется общая региональная эколого-геохимическая структура со своей динамикой и мозаичностью. Иными словами, формируется эколого-геохимический статус ландшафта и региона в целом.

Установлено, что по выбросам в атмосферу Самарская область в 2-3 раза превосходит все сопредельные территории [3]. В атмосферных осадках (снег) в зоне влияния промышленных городов особенно высоки концентрации К, Са, Fe, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Ni, Mn. В лесостепные ландшафты существенно поступление Zn, Cu, Ni, Pb с атмосферными осадками, количество данных веществ может быть сравнимо с их потоками в естественном биогеохимическом круговороте, а в урбандиафтах – преобладает над ним. Значительная расчлененность рельефа, наличие крутых склонов и обширных понижений способствуют активному перераспределению осадков в лесостепных ландшафтах. Обогащенность их техногенными металлами определяется преимущественным концентрированием здесь промышленных предприятий и коммуникаций. В силу природных и техногенных особенностей, атмосферные осадки в степных ландшафтах менее обогащены металлами, но развитая здесь ветровая эрозия почв, пологоувалистый рельеф способствуют значительному переносу геохимического материала через атмосферу в северном и северо-восточном направлениях к лесостепи. Таким образом, атмосфера является постоянным источником поступления металлов и их перераспределения в лесостепных и степных ландшафтах Самарской области.

Для подземных вод региона характерно обогащение Са, К, Zn, Fe, в определенной степени Sr. Минерализация подземных вод лесостепных ландшафтов выше, чем степных. Существенно загрязнены тяжелыми металлами поверхностные воды. В водах Волги и ее притоках особенно велико содержание Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, Pb, превышающее ПДК на 1-2 порядка. Эти же элементы концентрируются в донных осадках. Поверхностные воды и донные осадки являются ис-

точниками полиметаллического загрязнения пойменных ландшафтов. Использование волжской воды и воды других рек региона для водоснабжения и полива сельхозугодий существенным образом изменяют естественный геохимический фон ландшафтов, что может создавать угрозу для здоровья населения. Выявлено значительное полиметаллическое загрязнение небольших водоемов (прудов, озер) на территории крупных промышленных центров (Mn – 100 ПДК, Pb – 16 ПДК, Ni – 15 ПДК, Cu – 6 ПДК, Pb – 3 ПДК) [3]. Природные воды являются постоянным источником загрязнения ландшафтов техногенными металлами и фактором перераспределения их в «вещественных» компонентах, что наиболее значимо для лесостепных ландшафтов. Таким образом, они представляют собой фактор эколого-геохимической дифференциации ландшафтов.

При выветривании горных пород, разрушении первичных и образовании вторичных минералов происходит рассеяние макро- и микроэлементов и их перераспределение между отдельными компонентами минерального субстрата, из которого формируются почвообразующие породы. Химический состав почвообразующих пород обусловлен их гранулометрическим и минералогическим составом, а также особенностями генезиса коренных пород региона. Влияние гранулометрического состава на элементный состав почвообразующих пород четко проявляется при сопоставлении средних значений содержания металлов в тяжелых глинах и суглинках, средних и легких суглинках, супесях, песках, известняках. Согласно нашим данным [3], содержание металлов в глинах и суглинках в несколько раз выше, чем в песках и известняках. Эта разница весьма существенна для Ti, Mn, Fe, Cr, V, Co, Zn, Sr, Rb, мало существенна для Ni, Cu, Pb; Са и К значительно больше содержится в известняках. В лесостепном и степном Поволжье в качестве почвообразующих пород преобладают тяжелые и средние глины и суглинки. Содержание в них большинства исследуемых элементов существенно не отличаются от кларков литосферы. Исключение составляют Са, Со, и Cu, которые в почвообразующих породах концентрируются, что в конечном итоге определяет относительное обогащение лесостепных и степных ландшафтов региона перечисленными элементами. В целом же почвообразующие породы региона поддерживают определенную норму содержания металлов и металлоидов в природных водах, почвах и растениях без заметного обогащения ими.

Элементный состав почв Самарской области по убыванию концентраций тяжелых металлов и металлоидов можно представить в виде ряда: Fe > Са > К > Ti > Mn > Zr > Sr > Cr > Rb > V > Zn > Cu > Ni > Y > Co > Se > Pb > Nb > Mo > As > Br. Для почвенного покрова характерно очень близ-

кое к кларкам почв мира фоновое содержание K, Ti, Mn, V, As, Br, Co, Zn, Ni и Pb, более высокое содержание Ca, Cu, Zr, Mo и более низкое – Fe, Cr, Sr, Rb, Y. Для таких элементов, как Se и Nb, кларки почв мира не установлены и требуют уточнения. По сравнению с кларками литосферы, Se в почвах региона накапливается больше, а Nb – меньше.

Сравнение региональных кларков изучаемых элементов для почв лесостепных и степных ландшафтов выявило следующее. В степных ландшафтах в больших концентрациях аккумулируются только Ti и Se, но различия не существенны. В практически равных концентрациях в почвах степи и лесостепи накапливаются Fe, Rb, Sr, As. Для всех остальных элементов характерно преобладание в почвах лесостепи, особенно значимое для Mo (в 3 раза), Cu, Zn, Pb, Zr (в 2 раза), Mn, V, Co, Cr, Ni (в 1,5 раза).

На территории лесостепного и степного Поволжья в границах Самарской области четко проявляется почвенная зональность [1]. Преобладающим типом почв являются черноземы, представленные здесь пятью основными подтипами: оподзоленные, типичные, выщелоченные, обыкновенные и южные. Разные подтипы черноземов характеризуются определенным своеобразием химического состава. В самом общем плане можно отметить, что наиболее обогащены металлами и металлоидами черноземы лесостепи (выщелоченные и типичные), минимальные их концентрации выявлены в черноземах южных. В черноземах выщелоченных и типичных особенно высокие концентрации Zn и Cu, превышающие кларковые концентрации, несколько выше содержание Pb.

Использование ландшафтного подхода и геохимических индексов позволило более четко выявить геохимическую дифференциацию почвенного покрова Самарской области по содержанию тяжелых металлов. Проведенный анализ показал относительно слабое загрязнение естественных экосистем степной зоны тяжелыми металлами и более существенное обогащение многими из них почв правобережной и частично левобережной лесостепи. Особенностью почв лесостепных ландшафтов является повышенное накопление техногенных элементов, которые по убыванию концентраций образуют последовательность: $Cu > Ni > Zn > V > Co > Pb$.

Почвы пойменных ландшафтов по эколого-геохимическим показателям занимают промежуточное положение между ландшафтами лесостепи и степи, демонстрируя несколько большее сходство с последними. Это вполне объективно, так как пойменные ландшафты, являясь по сути интразональными, должны объединять черты основных зональных типов ландшафтов, привнося в них своеобразие иных механизмов миграции ме-

таллов и металлоидов, характерных для более динамичного почвенного покрова пойм. Показано, что эколого-геохимические особенности пойм разных рек зависят от техногенеза (рис.). В почвах волжской поймы на Самарской Луке увеличивается спектр накапливающихся техногенных элементов по сравнению с поймой р. Самары в пределах Красносамарского лесного массива, удаленной от промышленных центров почти на 100 км.

Уровни содержания техногенных тяжелых металлов демонстрируют достоверную связь с техногенезом, более выраженную в лесостепных ландшафтах с максимальным проявлением в почвенном покрове Самарской Луки, для которого характерны наиболее высокие средние концентрации Cu, Zn, Ni, Pb, Cr, Co, Mo.

Эколого-геохимическая дифференциация лесостепных и степных ландшафтов в значительной степени определяется латеральными потоками вещества и наглядно отражается в геохимических индексах (рис. 1).

Характер поведения тяжелых металлов в почвенном покрове конкретных типов ландшафтов (накопление или рассеяние относительно регионального фона) различен. В почвах лесостепных ландшафтов накапливаются Cu, Zn, Pb, Co, Ni, V, Rb, Cr, остальные элементы содержатся на уровне регионального фона. В степных ландшафтах накапливается только Rb, все остальные тяжелые металлы рассеиваются. Определенное исключение составляет Cu, уровень содержания которой здесь равен региональному фону. Почвы пойменных ландшафтов накапливают только Rb, рассеивают Pb, Fe, Ti, Co, Zn, остальные анализируемые элементы содержатся в них на уровне регионального фона. Эколого-геохимическая специфика природных и антропогенно преобразованных ландшафтов региона, определяемая соотношением накапливающихся и рассеивающихся в почвах элементов, показана на схеме (рис.).

Анализ на уровне подтипов лесостепных и степных ландшафтов еще в большей степени отражает их существенную геохимическую неоднородность. Лесные и луговые ландшафты лесостепи различаются по набору накапливающихся и рассеивающихся элементов. Почвы подтипов степных ландшафтов (богаторазнотравно-типчачково-ковыльные степи, разнотравно-типчачково-ковыльные степи и типчачково-ковыльные степи) также геохимически неоднородны.

Как показали наши исследования, геохимическая мозаичность почв лесостепных и степных ландшафтов наиболее контрастно проявляется при анализе сравнительно небольших территорий (геохимических катен), позволяющем оценивать процессы накопления и рассеяния элементов в ряду элювиальных, транзитных и аккумулятив-

ных ландшафтов. Но эта мозаичность существенно нивелируется на уровне подтипов и особенно типов ландшафтов, что позволяет выявить основные ландшафтные (зональные) закономерности перераспределения элементов в почвенном покрове Самарской области. В целом для ее почвенного покрова характерны незначительные отклонения от кларковых величин в меньшую или большую сторону для большинства изученных элементов. Наиболее значимы они только для пя-

ти из них: в 5 раз выше кларка концентрация Мо, почти в 2 раза – Са и Сu, содержание в почвах региона Сг и Sr почти в 2 раза ниже кларковых показателей. Многолетние исследования подтвердили, что геохимический фон почвенного покрова Самарской области по содержанию металлов и металлоидов близок к почвам мира и в основном определяется геохимическим фоном черноземов.

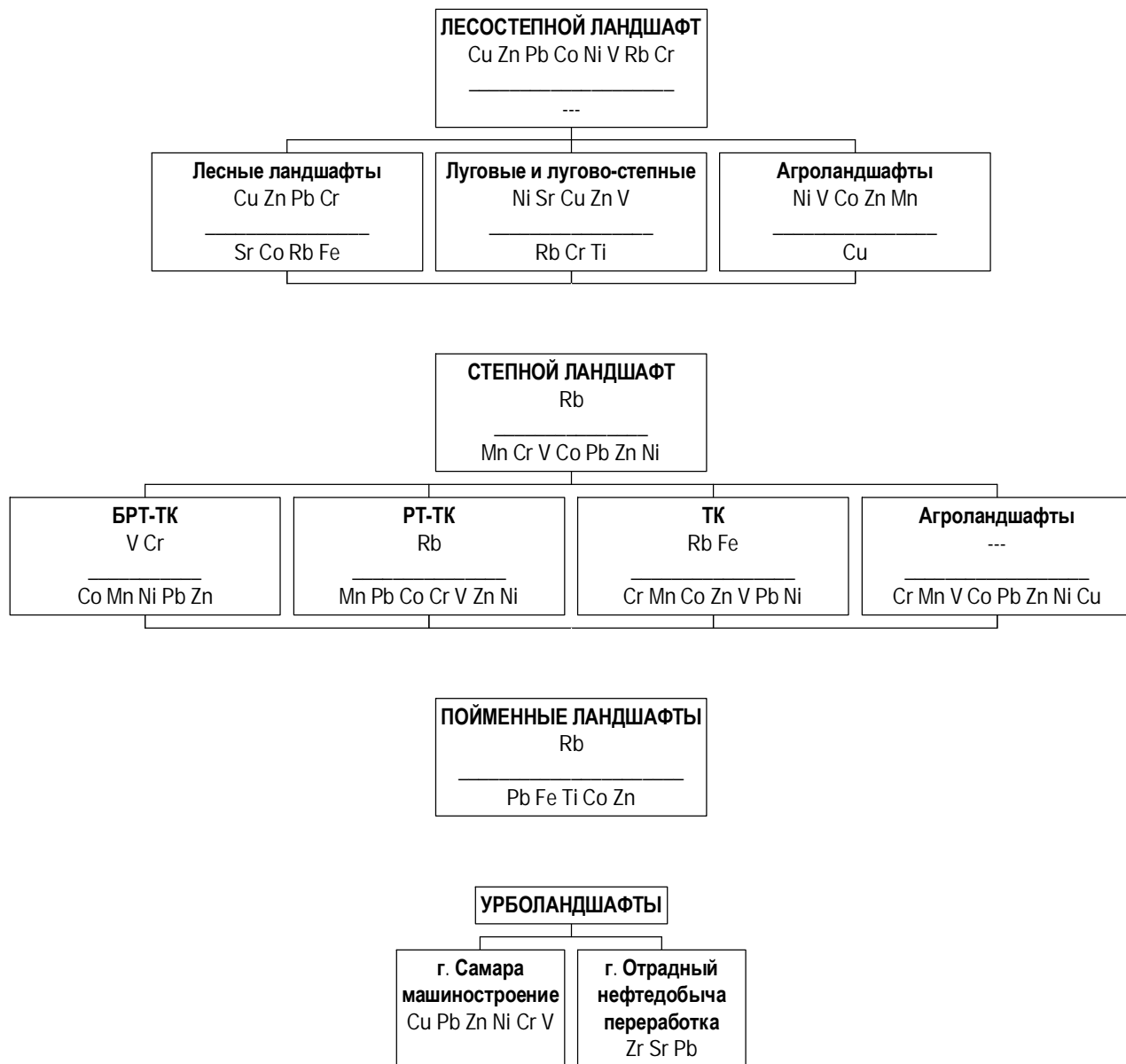


Рис. Эколого-геохимическая специфика природных и антропогенно преобразованных лесостепных и степных ландшафтов Самарской области:

В числителе - накапливающиеся элементы, в знаменателе – рассеивающиеся элементы, элементы с содержанием на уровне регионального фона не указаны. БРТ-ТК – богаторазнотравно-типчаково-ковыльные степи, РТ-ТК – разнотравно-типчаково-ковыльные степи, ТК – типчаково-ковыльные степи.

Использование ландшафтного подхода и геохимических индексов для основных типов и подтипов ландшафтов позволило более четко вы-

явить геохимическую дифференциацию почвенного покрова Самарской области по содержанию большой группы металлов и металлоидов. Прове-

денный анализ подтвердил ранее сделанный вывод об относительно слабом загрязнении естественных степных экосистем региона тяжелыми металлами и о существенном обогащении многими из них почв правобережной и частично левобережной лесостепи [3], что особенно проявляется в накоплении Си.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Матвеев Н.М., Прохорова Н.В.* Территориальные особенности распределения тяжелых металлов в почвах Самарской области // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2000. Т. 2. № 2. С. 306-310.
2. *Матвеев Н.М., Матвеев В.Н., Прохорова Н.В.* Вовлечение тяжелых металлов в основные трофические цепи в агроценозах Высокого Заволжья. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2008. 144 с.
3. *Прохорова Н.В.* К оценке фоновой геохимической структуры ландшафтов лесостепного и степного Поволжья // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2005. Т. 7. № 1. С. 169-178.
4. *Прохорова Н.В., Головлёв А.А., Куликова М.В., Макарова Ю.В.* Эколого-геохимические особенности почв и почвогрунтов западной части Сокольных гор // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2012. Т. 14. № 1 (7). С. 2061-2063.
5. *Прохорова Н.В., Матвеев Н.М.* Распределение тяжелых металлов в посевах важнейших сельскохозяйственных культур в Самарской области. Самара: Издательство «Самарский университет», 2006. 142 с.
6. *Прохорова Н.В., Матвеев Н.М., Павловский В.А.* Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Изд-во «Самарский университет», 1998. 131 с.

THE METALS AND METALLOIDES IN THE FOREST-STEPPE AND STEPPE LANDSCAPES OF SAMARA AREA

© 2013 N.V. Prokhorova

Samara State University

The features of metals and metalloids accumulation and spreading in the soils of the forest-steppe and steppe landscapes of the Samara Area are revealed basing on the long-term ecological and geochemical study.

Key words: forest-steppe and steppe landscapes, heavy metals, metalloids.