

УДК 911.2

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**Васин Д.В.***ГОУ ВО МО «Московский государственный областной университет», Мытищи,
e-mail: dv_0504@mail.ru*

В данной публикации рассматриваются вопросы, связанные с особенностями накопления тяжелых металлов в разных типах почв (на примере Ульяновской области). Исследование проводилось на основе обобщения собственных полевых исследований автора и на изучении научной и справочной литературы. На сегодняшний день проблема накопления тяжелых металлов в почвенном покрове является наиболее важной, так как концентрация данных веществ может служить одним из индикаторов геоэкологического состояния почвенного покрова. Тяжелые металлы могут также активно поглощаться растительным покровом с разной степенью интенсивности, что также необходимо учитывать. Накопление тяжелых металлов почвенным покровом зависит от целого комплекса факторов, главными из которых являются содержание гумуса, сорбционные показатели, кислотность, характер почвообразующих пород и тип почв. Тяжелые металлы естественного происхождения накапливаются, как правило, в нижней части почвенного профиля, а антропогенного – в верхней. Также на распределение тяжелых металлов по почвенному разрезу в первую очередь влияет характер использования почв и общая антропогенная нагрузка. В почвенном покрове Ульяновской области наиболее распространенными типами почв являются серые лесные и черноземы выщелоченные, с характерными для них особенностями накопления тяжелых металлов. Накопление тяжелых металлов серыми лесными почвами и черноземами характеризуется средней степенью аккумуляции. Наиболее активно тяжелые металлы накапливаются в дерново-карбонатных почвах, а наименьшая их аккумуляция характерна для аллювиальных дерново-насыщенных почв. Среди почвообразующих пород Ульяновской области наибольшая аккумуляция тяжелых металлов характерна для известняков.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвы, буферность, почвообразующая порода, тип почв, накопление

FEATURES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN DIFFERENT TYPES OF SOILS (ON THE EXAMPLE OF THE ULYANOVSK REGION)**Vasin D.V.***Moscow Region State University, Mytischki, e-mail: dv_0504@mail.ru*

This publication discusses the issues related to the peculiarities of the accumulation of heavy metals in different types of soils (on the example of the Ulyanovsk region). The research was conducted on the basis of generalization of the author's own field research and on the study of scientific and reference literature. To date, the problem of accumulation of heavy metals in the soil cover is the most important, since the concentration of these substances can serve as one of the indicators of the geoecological state of the soil cover. Heavy metals can also be actively absorbed by the vegetation cover with varying degrees of intensity, which also needs to be taken into account. The accumulation of heavy metals by the soil cover depends on a whole complex of factors, the main of which are the humus content, sorption parameters, acidity, the nature of the soil-forming rocks and the type of soil. Heavy metals of natural origin usually accumulate in the lower part of the soil profile, and anthropogenic in the upper part. Also, the distribution of heavy metals in the soil section is primarily affected by the nature of soil use and the total anthropogenic load. In the soil cover of the Ulyanovsk region, the most common types of soils are gray forest and leached chernozems, with their characteristic features of the accumulation of heavy metals. The accumulation of heavy metals by gray forest soils and chernozems is characterized by an average degree of accumulation. Heavy metals accumulate most actively in sod-carbonate soils, and their least accumulation is characteristic of alluvial sod-saturated soils. Among of soil-forming rocks of the Ulyanovsk region the greatest accumulation of heavy metals is characteristic of limestones.

Keywords: heavy metals, soils, buffering capacity, soil-forming rock, soil type, accumulation

Проблеме накопления тяжелых металлов разными типами почв в последнее время уделяется все больше внимания. Почва является главным связующим звеном между всеми частями биосферы и отвечает за геоэкологические процессы, происходящие в том числе на глобальном уровне.

Кроме того, в почве гораздо больше, чем в других частях биосферы, продолжительность пребывания тяжелых металлов и других загрязнителей. Важно изучение почвы еще и потому, что она постоянно испыты-

вает геохимическую нагрузку и сохраняет геоэкологическую информацию за многие годы функционирования источников загрязнения. В связи с этим изучение содержания и распределения тяжелых металлов в почвах является наиболее важной задачей современного почвоведения [1].

Тяжелые металлы способны попадать в почву разными способами. Выделяют естественные и техногенные источники поступления тяжелых металлов, которые также делятся на первичные и вторичные.

Среди естественных источников тяжелых металлов необходимо выделить в первую очередь почвообразующие породы [2].

В природе тяжелые металлы распространены крайне неравномерно, и их содержание в почвообразующих породах существенно варьируется. Для исследования было выбрано шесть тяжелых металлов: цинк (Zn), медь (Cu), свинец (Pb), кадмий (Cd), никель (Ni), хром (Cr) – которые являются наиболее распространенными и наиболее активно накапливаются почвенным покровом.

Цель данного исследования – изучить особенности накопления основными типами почв (на примере Ульяновской области) наиболее распространенных тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr).

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на основе обобщения собственных полевых исследований автора на территории Ульяновской области и на изучении научной и справочной литературы по данной тематике. Пробы почв отбирались методом прикопок летом 2019 г., а анализы были выполнены в специализированной лаборатории. Были изучены особенности накопления основными типами почв Ульяновской области и почвообразующими породами шести самых распространенных тяжелых металлов: цинка (Zn), меди (Cu), свинца (Pb), кадмия (Cd), никеля (Ni) и хрома (Cr).

Результаты исследования и их обсуждение

Почвенный покров Ульяновской области изучен достаточно подробно и отличается значительным разнообразием, которое связано с положением её преимущественно в лесостепной зоне, с особенностями геологического строения, рельефа и климата. Так как лесостепь является экотонном со своими постоянно меняющимися границами природных комплексов, то она характеризуется значительным биоразнообразием и потенциалом.

Лесостепь характеризуется преобладанием серых лесных почв, а степная зона отождествляется в первую очередь с многочисленными видами черноземов (оподзоленные, выщелоченные, долинные, обыкновенные и типичные).

Почвенный покров представлен двадцатью пятью типами почв и семью почвенными комплексами. В Ульяновской области четко проявляется почвенная зональность,

которая наиболее выражена в направлении с севера на юг. Из-за возрастания континентальности климата наблюдается переход от серых лесных почв, выщелоченных и типичных черноземов к солонцам и солончакам.

В настоящее время принято делить территорию Ульяновской области на четыре агроклиматические зоны, в каждой из которой преобладают свои типы почв.

Для Западной агроклиматической зоны характерно преобладание темно-серых, серых и светло-серых лесных почв, а также выщелоченных и типичных черноземов.

В Заволжской зоне почвы представлены в основном только черноземами типичными, выщелоченными и оподзоленными.

Южная агроклиматическая зона характеризуется преобладанием типичных, оподзоленных и выщелоченных черноземов, а также дерново-карбонатных и темно-серых лесных почв.

В Центральной зоне почвы представлены в основном темно-серыми, серыми и светло-серыми лесными, выщелоченными, типичными, типичными карбонатными и типичными остаточными луговатыми черноземами, а также встречаются участки дерново-карбонатных почв.

На особенности накопления почвенным покровом тяжелых металлов влияет целый комплекс факторов, среди которых в первую очередь необходимо выделить содержание гумуса, сорбционные показатели, кислотность, характер почвообразующих пород, а также буферность.

Показатели буферности в почвенном покрове отвечают за защитную функцию и препятствуют негативному изменению химического состава при взаимодействии с тяжелыми металлами природного и антропогенного происхождения.

Установлена четкая взаимосвязь между буферностью и гумусом, поэтому, как правило, чем выше содержание гумуса в почве, тем выше буферность. В Ульяновской области черноземы распространены достаточно широко, а мощный гумусовый горизонт в них обеспечивает дополнительную защиту. Как правило, буферность почв нужно учитывать для оценки процесса почвообразования [3].

Как уже было ранее отмечено, одним из важнейших естественных источников поступления тяжелых металлов в почвы являются почвообразующие породы, при этом накопление тяжелых металлов в них происходит достаточно специфично. Тяже-

лые металлы естественного происхождения накапливаются, как правило, в нижней части почвенного профиля, а антропогенного – в верхней. Также на распределение тяжелых металлов по почвенному разрезу в первую очередь влияет общая антропогенная нагрузка. В табл. 1 представлены данные по среднему и суммарному содержанию тяжелых металлов в основных почвообразующих породах Ульяновской области, мг/кг.

личной интенсивностью поглощаются и накапливаются растениями [4].

Также необходимо отметить, что существует определенная связь между химическим составом почв и растениями, но в то же время нельзя определенно утверждать, что тяжелые металлы накапливаются в почвах и растениях практически аналогично. Растительный покров способен к избирательному накоплению отдельных тяжелых металлов. Растения – чуткие индикаторы

Таблица 1

Среднее и суммарное содержание тяжелых металлов в основных почвообразующих породах Ульяновской области, мг/кг

Элемент	Глины	Тяжелые суглинки	Средние суглинки	Лёгкие суглинки	Известняки	Пески	Супеси
Zn	25,5	21,8	26,8	24,8	34,3	30,6	19,5
Cu	18,5	16,4	15,7	11,6	16,4	16,6	11,8
Pb	12,8	15,4	11,5	11,6	14,1	14,8	10,3
Cd	1,1	0,5	0,9	0,3	1,2	0,7	0,5
Ni	26,9	20,7	23,5	18,8	32,9	23,5	14,9
Cr	15,1	22,9	17,2	21,0	26,4	15,9	14,0
Сумма	99,9	97,7	95,6	88,1	125,3	102,1	71,0

Из таблицы видно, что в почвообразующих породах тяжёлого механического состава активно накапливаются Cu, Cd и Ni, а в почвообразующих породах легкого механического состава (средние и легкие суглинки) накапливается Zn, Cu и Ni. В песках и супесях преимущественно идёт аккумуляция Zn, Pb, и Cu.

Также обращает на себя внимание очень высокое суммарное содержание тяжелых металлов в известняках (125,3 мг/кг), это связано в первую очередь с физико-химическими особенностями данной почвообразующей породы. Наименьшие суммарные показатели отмечены в супесях и лёгких суглинках (71,0 и 88,1 мг/кг).

Аккумуляция тяжелых металлов разными типами почв Ульяновской области имеет определённую специфику. Тяжелые металлы накапливаются преимущественно в дерново-карбонатных и серых лесных почвах, наименьшая их концентрация отмечена в аллювиальных дерново-насыщенных почвах, которые испытывают незначительную техногенную нагрузку. Черноземы по аккумуляции тяжелых металлов занимают средние позиции, так как они достаточно равномерно распределены по территории области. На особенности накопления тяжелых металлов также в значительной степени влияет биотический круговорот. Химические элементы выборочно и с раз-

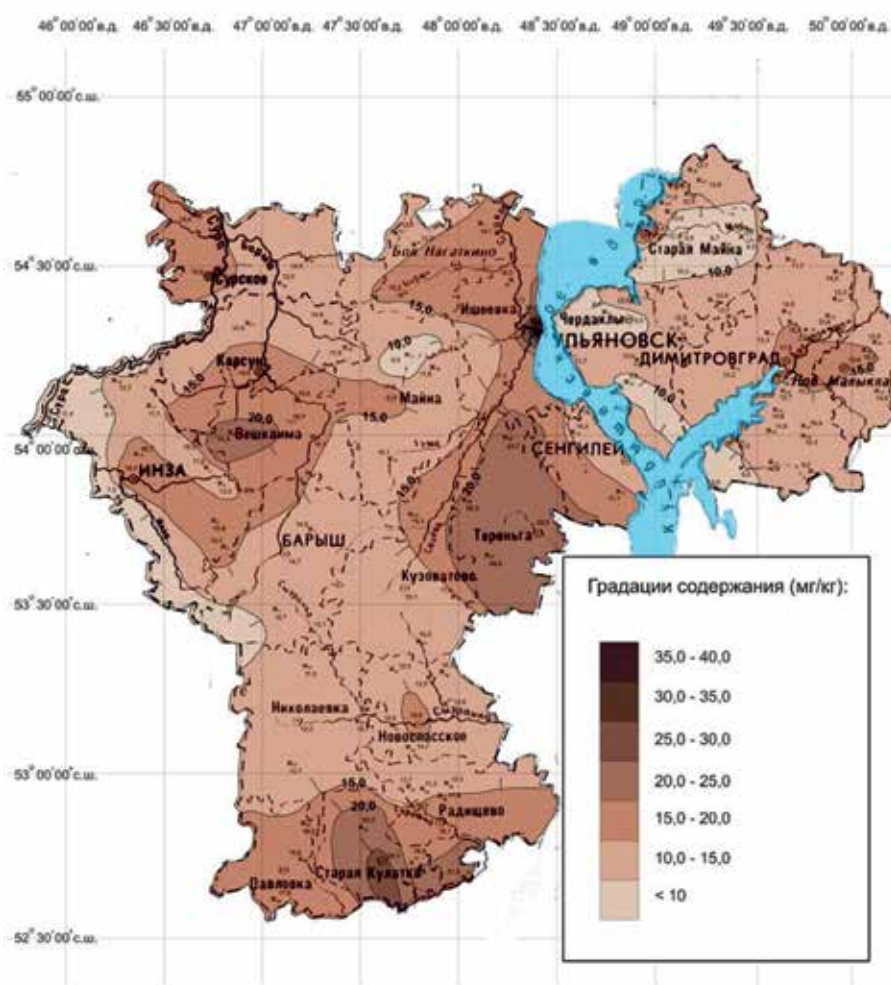
состояния экологической среды. Тяжелые металлы накапливаются в них не только из почвы, но и воздуха [5]. Большое значение имеют не только содержание, но и формы тяжелых металлов в почве, так как они различны по степени доступности для растений [6]. В ходе проведенного исследования было определено содержание тяжелых металлов в четырёх типах почв (серых лесных, черноземах, дерново-карбонатных и аллювиальных дерновых насыщенных) и полученные данные были сравнены с региональным фоном. Под фоновым показателем понимается содержание тяжелых металлов в незагрязненных территориях и территориях, не испытывающих антропогенного воздействия. Фоновые содержания шести самых распространённых тяжелых металлов в почвенном покрове Ульяновской области представлены в табл. 2.

Из таблицы также видно, что дерново-карбонатные почвы имеют превышение регионального фона по всем исследуемым тяжёлым металлам, а остальные типы почв превышают региональные значения по всем тяжёлым металлам кроме никеля (Ni). Серьезную опасность вызывает превышение регионального фона основными типами почв Ульяновской области по Pb и Cd, так как они относятся к высокоопасным веществам для состояния окружающей среды и обладают высокой токсичностью.

Таблица 2

Фоновые содержания тяжелых металлов в основных типах почв Ульяновской области, мг/кг

Элемент	Региональный фон	Серые лесные	Черноземы	Дерново-карбонатные	Аллювиальные дерновые насыщенные
Zn	24,2	37,2	35,2	39,8	31,7
Cu	11,2	17,5	16,4	17,7	15,1
Pb	11,2	15,3	14,2	16,8	13,1
Cd	0,43	1,1	1,03	1,4	1,0
Ni	35,3	28,4	27,5	35,9	26,5
Cr	16,3	27,5	19,4	25,1	16,8



Накопление свинца (валовая форма) почвенным покровом Ульяновской области, мг/кг

Например, токсичность свинца (Pb) в черноземных почвах достаточно быстро нейтрализуется, а в дерново-подзолистых почвах с кислой реакцией свинец (Pb), наоборот, остается очень токсичным практически неограниченное время. Содержание свинца изменяется от 13,1 мг/кг в аллювиаль-

ных дерновых насыщенных до 16,8 мг/кг в дерново-карбонатных почвах, но при этом средняя концентрация свинца (Pb) в почвах, как правило, не превышает 10–40 мг/кг.

Особенности аккумуляции свинца (Pb) почвенным покровом Ульяновской области представлены на рисунке.

Таблица 3

Средняя аккумуляция тяжелых металлов в некоторых подтипах черноземов, мг/кг

Элемент	Черноземы выщелоченные	Черноземы обыкновенные	Черноземы типичные
Zn	35,3	31,5	38,9
Cu	16,1	14,6	18,6
Pb	13,7	12,0	16,9
Cd	1,0	0,8	1,3
Ni	27,1	24,9	30,7
Cr	19,0	18,1	21,1

Кадмий (Cd) в значительных количествах поглощается и накапливается в почвах с щелочной и нейтральной реакцией и высоким содержанием гумуса, что как раз характерно практически для всех видов черноземов. Также необходимо отметить, что, как и кадмий (Cd), свинец (Pb) концентрируется в верхнем гумусовом горизонте и довольно легко может поглощаться растениями. Цинк (Zn) также является токсичным элементом, и даже незначительное повышение его концентрации сразу негативно сказывается на почвенной биоте и растительном покрове, но, в отличие от кадмия (Cd), цинк (Zn) все же менее доступен растениям. Содержание Zn колеблется от 31,7 мг/кг в аллювиальных дерновых насыщенных до 39,8 мг/кг в дерново-карбонатных почвах, хотя среднее его содержание в почвах составляет 30–50 мг/кг. Cr благодаря своим особенностям способен в больших количествах накапливаться в серых лесных почвах, а так как данный тип почв широко распространен по территории области, то отслеживание динамики аккумуляции Cr очень важно.

Также необходимо отметить, что представленные в табл. 2 типы почв обладают разной устойчивостью к тяжёлым металлам, в первую очередь из-за количества гумуса.

Черноземы и пойменные аллювиальные почвы обладают наибольшей устойчивостью к тяжелым металлам, а серые лесные почвы и дерново-подзолистые – наименьшей из-за низкого содержания гумуса [7]. Среди черноземов наибольшим содержанием гумуса в первую очередь отличается чернозем типичный (7–15%).

В Ульяновской области аккумуляция тяжелых металлов увеличивается от черноземов обыкновенных и выщелоченных к черноземам типичным. Черноземы обыкновенные по всем изученным тяжелым металлам имеют минимальную аккумуляцию, особенно обращают на себя внима-

ние низкие показатели Zn (31,5) и Ni (24,9) соответственно. Хотя черноземы выщелоченные и занимают среднее положение в способности накапливать тяжелые металлы, но из-за низкого содержания гумуса даже такие относительно невысокие концентрации представляют опасность, поэтому необходим мониторинг. Для черноземов типичных характерны высокие значения всех загрязнителей, особенно Pb (16,9) и Cu (18,6), но значительные показатели данных тяжелых металлов нейтрализуются высокой гумусностью и поэтому риски негативных последствий не так высоки. Средняя аккумуляция тяжелых металлов в некоторых подтипах черноземов представлена в табл. 3.

Для черноземов также характерна закономерность, что аккумуляция валовых форм тяжелых металлов не всегда совпадает с аккумуляцией подвижных. В частности, исключение характерно для черноземов типичных, так как они обладают максимальной гумусностью. Максимальные значения валовых форм для данного подтипа черноземов сочетаются с минимальными показателями подвижных. Что касается остальных подвидов черноземов, то для них максимальные значения валовых форм приводят к формированию максимальных значений и подвижных форм.

Заключение

В результате обобщения собственных полевых исследований и анализа научной литературы можно сделать следующие выводы:

1. В Ульяновской области наиболее распространёнными типами почв являются серые лесные и черноземы выщелоченные, с характерными для них особенностями накопления тяжелых металлов.

2. На особенности накопления почвенным покровом тяжёлых металлов влияет целый комплекс факторов, среди которых в первую очередь необходимо выделить со-

держание гумуса, сорбционные показатели, кислотность, характер почвообразующих пород, а также буферность.

3. Максимальное суммарное содержание тяжелых металлов характерно для известняков, а минимальное – для супесей и лёгких суглинков.

4. Высокая концентрация тяжелых металлов отмечена для дерново-карбонатных почв, а наиболее низкая – для аллювиальных дерновых насыщенных почв.

5. Черноземы и пойменные аллювиальные почвы обладают наибольшей устойчивостью к тяжелым металлам из-за очень значительного содержания гумуса.

6. Средняя аккумуляция тяжелых металлов некоторыми подтипами черноземов увеличивается от черноземов обыкновенных к черноземам типичным.

Список литературы / References

1. Васин Д.В. Современное геоэкологическое состояние почв Московской области: в сборнике Добродеевские чтения 2017. I Международная научно-практическая конференция (г. Москва, 12–13 октября 2017 г.). М.: Изд-во МГОУ, 2017. С. 21–23.

Vasin D.V. Modern geoeological state of soils in Moscow region: v sbornike Dobrodeevskie chteniya 2017. I Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (g. Moskva, 12–13 oktjabrya 2017 g.). M.: Izd-vo MGOU, 2017. P. 21–23 (in Russian).

2. Васин Д.В. Содержание тяжелых металлов в почвах разных агроклиматических зон Ульяновской области. Сравнительная характеристика распределения тяжелых металлов в почвах Ульяновской области и в соседних регионах (на примере Самарской области) // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8332> (дата обращения: 14.05.2021).

Vasin D.V. The content of heavy metals in soils of different agroclimatic zones of the Ulyanovsk region. The comparative characteristic of distribution of heavy metals in soils of the Uly-

anovsk region and in the next regions (on the example of the Samara region) // *Sovremennye problemi nauki i obrazovaniya*. 2013. № 1. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8332> (date of access: 14.05.2021) (in Russian).

3. Зайцева Т.Ф. Буферность почв и вопросы диагностики // Известия СО АН СССР. Серия биол. науки. 1987. Вып. 2. № 14. С. 69.

Zaitseva T.F. Soil buffering and diagnostic issues // *Izvestiya SO RAN SSSR Seriya biol. n.* 1987. Vyp. 2. № 14. P. 69 (in Russian).

4. Лопатина Д.Н. Накопление тяжелых металлов в почвах и растениях бассейна реки Оса (Верхнее Приангарье) // *Успехи современного естествознания*. 2019. № 6. С. 82–87.

Lopatina D.N. Accumulation of heavy metals in soils and plants of Osa river basin (Top Angara region) // *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*. 2019. № 6. P. 82–87 (in Russian).

5. Болтунова А.Д., Смирнова С.В., Солтис В.В. Накопление тяжелых металлов в почвах под влиянием промышленного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26637> (дата обращения: 14.05.2021).

Boltunova A.D., Smirnova S.V., Soltis V.V. Accumulation of heavy metals in soils under the influence of industrial production // *Sovremennye problemi nauki i obrazovaniya*. 2017. № 4. [Electronic resource]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26637> (date of access: 14.05.2021) (in Russian).

6. Малышева З.Г., Павлова Е.Г. Накопление тяжелых металлов в городских почвах (на примере города Новочеркасска) // *Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 78. С. 106–115.

Malysheva Z.G., Pavlova E.G. Accumulation of heavy metals in soils of steppe agglomeration (on example of Novocheerkassk). *Politematicheskij setevoy elektronnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012. № 78. P. 106–115 (in Russian).

7. Рустамова Е.В., Гилева Е.М., Матвеева А.А. Оценка устойчивости почв по отношению к тяжелым металлам // *Аграрный вестник Урала*. 2010. № 11–2. С. 5.

Rustamova E.V., Gileva E.M., Matveeva A.A. Estimation stability ground in relation to heavy metals // *Agrarnii vestnik Urala*. 2010. № 11–2. P. 5 (in Russian).