

Кондратьева М.А.¹, Бажукова Н.В.²

ОПЫТ РЕГИОНАЛЬНОГО ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Предлагаемая серия почвенно-геохимических карт раскрывает экологические функции почв и почвенного покрова, связанные с процессами миграции, трансформации и аккумуляции химических веществ в ландшафтах. Тематической основой для карт послужила электронная версия почвенной карты РФ масштаба 1:2 500 000 и разработанный на её основе Единый государственный реестр почвенных ресурсов РФ, региональные источники и разрабатываемая база данных свойств почв Пермского края. Подготовленные карты представлены двумя основными блоками — базовым и прикладным, каждый из которых, в свою очередь, включает в себя констатационные и оценочные карты. В статье рассмотрены методологические основы, методика составления и содержание представленных карт. *Базовые карты* раскрывают наиболее общие почвенно-геохимические закономерности миграции и аккумуляции веществ в почвах. Блок включает в себя: карты мощности органогенных и гумусовых горизонтов почв, ёмкости катионного обмена, сорбционной способности почв. Данные карты позволяют охарактеризовать сорбционные свойства поверхностных горизонтов почв как важнейших геохимических барьеров для техногенных веществ. Анализ содержания данных карт позволяет заключить, что сорбционная способность наиболее распространённых почв региона оценивается как очень низкая и низкая, что обусловлено малой мощностью гумусовых горизонтов и низкой ёмкостью катионного обмена почв подзолистого типа. Повышенной сорбционной способностью обладают чернозёмы оподзоленные, дерново-глеевые и дерново-карбонатные почвы, однако площадь их распространения невелика. Высокая сорбционная способность почв связана со значительной мощностью органогенных горизонтов в гидроморфных почвах. *Прикладной блок* посвящён анализу свойств почв по отношению к тяжёлым металлам как приоритетной группе загрязняющих веществ, для которых почва является депонирующей средой. В данный блок включены две карты — «Условия миграции тяжёлых металлов в почвах» и «Сенсорность (чувствительность) почв». Условия миграции тяжёлых металлов, выделенные на одноименной карте, представлены 12 вариантами обстановок. В северных и центральных районах края преобладают условия, сочетающие в себе постоянные или сезонные восстановительные обстановки и низкие значения рН. В южной части края они сменяются окислительными слабокислыми. Оценка сенсорности (чувствительности) почв к загрязнению тяжёлыми металлами дана на основе метода экспертных оценок. Почвы региона определены как чувствительные и очень чувствительные, т.е. относительно быстро изменяющие в негативную сторону свои свойства под влиянием техногенной нагрузки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: почвенно-геохимические карты, экологические функции почв, почвенная информация, методы картографирования

¹Пермский государственный аграрно-технологический университет, ул. Петропавловская, д. 23, 614000, Пермь, Россия; e-mail: pochva@pgsha.ru

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Географический факультет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия; e-mail: bzhukova.nv@mail.ru

Maria A. Kondratyeva¹, Natalya V. Bazhukova²

EXPERIENCE OF REGIONAL SOIL-GEOCHEMICAL MAPPING

ABSTRACT

The developed series of soil-geochemical maps reveals the ecological functions of soils and the soil cover associated with the processes of migration, transformation, and accumulation of chemicals substances in landscapes. The thematic basis for the maps was the electronic version of the soil map of the Russian Federation with a scale of 1: 2 500 000 and the Unified State Register of Soil Resources of the Russian Federation developed on its basis, as well as regional sources and the database of soil properties of the Perm Territory. Prepared maps represented by two main blocks — basic and applied, each of which, in turn, includes constituent and assessment maps. The article discusses the methodological foundations, the compilation methodology and the content of the presented maps. *Baseline maps* reveal the most common soil-geochemical patterns of migration and accumulation of substances in soils. The block includes: maps of the thicknesses of organogenic and humus soil horizons, cation exchange capacities, and sorption capacity of soils. These maps make it possible to characterize the sorption properties of surface soil horizons as the most important geochemical barriers for technogenic substances. An analysis of the content of these maps allows us to conclude that the sorption capacity of the most common soils in the region is estimated to be very low and low, due to the low thickness of the humus horizons and low cation exchange capacity of podzolic soils. Podzolized chernozems, soddy-gley and soddy-carbonate soils have an increased sorption ability, but their distribution area is small. The high sorption capacity of soils is associated with a significant thickness of organogenic horizons in hydromorphic soils. *The application block* is devoted to the analysis of soil properties in relation to heavy metals as a priority group of pollutants for which the soil is a depositing medium. Two maps are included in this block — “Conditions for the migration of heavy metals in soils” and “Sensitivity of soils”. The conditions for the migration of heavy metals highlighted on the map of the same name are represented by 12 options. In the northern and central parts of the region, conditions prevail that combine constant or seasonal recovery conditions and low pH values. In the southern part of the region they are replaced by oxidative weakly acidic. The assessment of the sensitivity of soils to heavy metal pollution is given on the basis of expert assessment. The soils of the region are defined as sensitive and very sensitive, that is, they relatively quickly change their properties to a negative side under the influence of anthropogenic load.

KEYWORDS: soil-geochemical maps, ecological functions of soils, soil information, mapping methods

ВВЕДЕНИЕ

Почвенно-геохимическое картографирование — относительно молодое направление в тематической картографии, значимость которого определяется ролью почв и почвенного покрова как центрального компонента биосферы [Добровольский, Никитин, 1986]. Почвы выполняют многообразные функции, обуславливающие устойчивость как отдельных биогеоценозов, так и биосферы в целом. Почвенно-геохимическое картографирование тесно связано с такими направлениями, как почвенное, эколого-географическое и ландшафтно-геохимическое. Почвенные карты являются главным источником информации при составлении почвенно-геохимических карт. Представленные на них генетические

¹ Perm State Agro-Technological University, Petropavlovskaya str., 23, 614000, Perm, Russia;
e-mail: pochva@pgsha.ru

² Perm State University, Faculty of Geography, Bukirev str., 15, 614990, Perm, Russia;
e-mail: bazhukova.nv@mail.ru

единицы почв разного таксономического уровня содержат сведения о физико-химических свойствах, режимах, ведущих почвообразовательных процессах и генетическом профиле почв. Вместе с тем содержание почвенно-геохимических карт имеет выраженную экологическую направленность, что роднит их с эколого-географическими картами. С другой стороны, почвенно-геохимическое картографирование базируется на теории и методологии геохимии ландшафтов. В настоящее время накоплен значительный опыт в разработке почвенно-геохимических карт, которые часто носят оценочный и прогнозный характер. Они включены во многие комплексные, в том числе национальные и экологические атласы [Resources and Environment ..., 1998; Национальный атлас..., 2007; Экологический атлас..., 2001; 2019 и др.]. Не меньший интерес почвенно-геохимические карты представляют для регионального атласного картографирования, хотя, как показал анализ современных источников, опыт их разработки не столь значителен. Широкие возможности для создания региональных почвенно-геохимических карт открываются благодаря новым ресурсам — электронной версии почвенной карты РФ и разработанному на её основе Единому государственному реестру почвенных ресурсов РФ (ЕГРПР)¹, а также региональным базам данных свойств почв.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В нашей работе представлены результаты разработки серии почвенно-геохимических карт для территории Пермского края. Тематической основой для их создания служила сборка почвенной карты РФ м-ба 1: 2 500 000 с данными почвенных разрезов, пакет файлов почвенной карты РФ м-ба 1: 2 500 000 в формате ESRIShape². Из данной карты была выделена территория Пермского края посредством программы QGIS. Общее количество почвенных единиц, составляющих содержание почвенной карты в пределах территории региона, составило 32. База данных свойств почв составлена на основе данных ЕГРПР с привлечением региональных источников [Коротаяев, 1962; Вологжанина, 2005; Протасова, 2008].

Все карты и атрибутивные базы данных к ним созданы с помощью программы QGIS версии 3.2.2 (Maderia) в системе координат: EPSG:32640–WGS 84 / UTM zone 40N; координатная сетка построена на основе системы координат: EPSG:4326–WGS 84.

Методические аспекты создания почвенно-геохимических карт рассмотрены в работах [Глазовская, 1997; Богданова, Герасимова, 2019] и др. Методика построения карт базируется на «принципе прогнозной информативности природных факторов», сформулированном М.А. Глазовской [1988]. Интерпретационный подход позволяет рассматривать информацию о свойствах почв и строении почвенного профиля с точки зрения условия миграции и трансформации химических веществ и их соединений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанная серия почвенно-геохимических карт включает базовые и прикладные карты (табл.1). Базовые карты имеют универсальное значение и представляют главные почвенно-геохимические закономерности — общие условия миграции и аккумуляции химических веществ в почвах.

На начальном этапе была создана серия базовых аналитических карт, характеризующих мощность органогенных и гумусовых горизонтов почв, ёмкости катионного обмена. Значимость данных показателей связана с барьерными функциями. Органогенные горизонты почв являются напочвенными, преимущественно биогенными, а

¹ Единый государственный реестр почвенных ресурсов РФ. Электронный ресурс: <http://infosoil.ru/reestr/content/4DB.php> (дата обращения 21.12.18)

² Пакет файлов почвенной карты РФ масштаба 1: 2 500 000 в формате ESRI. Электронный ресурс: <https://infosoil.ru/reestr/content/1DB.php> (дата обращения 21.12.18)

иногда комплексными — сорбционными и даже кислыми (торфяные горизонты) геохимическими барьерами для поступающих из атмосферы веществ, в т.ч. техногенных [Глазовская, 2012]. Высокоёмким геохимическим барьером, способным задерживать большие количества мигрантов либо сорбировать вещества с большими молекулярными массами, являются торфяные горизонты. Подобными свойствами обладают и лесные подстилки, грубогумусовые горизонты почв подзолистых почв, степной войлок, однако их ёмкость значительно ниже. О ёмкости данных барьеров, т.е. способности их накопительной концентрации, позволяет судить показатель мощности горизонтов. Мощность органогенных горизонтов в почвах может варьировать в значительных пределах. Торфяные горизонты болотных почв могут иметь мощность от нескольких десятков см до 1 м и более; несколько уступают им торфяные горизонты болотно-подзолистых и аллювиально-болотных почв, подбуров таёжных (рис. 1а).

Табл. 1. Группировка почвенно-геохимических карт
Table 1. Grouping of soil-geochemical maps

Типы карт	Констатационные	Оценочные
Базовые карты	Мощность органогенных горизонтов Мощность гумусовых горизонтов почв Ёмкость катионного обмена	Сорбционная способность почв
Прикладные карты	Условия миграции тяжёлых металлов в почвах	Сенсорность (чувствительность) почв

Гумусовые горизонты почв выполняют функцию внутрпочвенных геохимических барьеров, к которым приурочена основная масса тонких сосущих корней растений. В этих горизонтах содержится много подвижных соединений, происходит закрепление минеральных и органо-минеральных веществ. Кроме того, мощность гумусовых горизонтов служит одним из показателей почвенного плодородия. Мощность гумусовых горизонтов в регионе варьирует от 1–3 см у подзолистых почв и 5–15 см у дерново-подзолистых до 30–40 см в почвах пойм, чернозёмах оподзоленных, дерново-глеевых и дерново-карбонатных почвах.

Ёмкость катионного обмена (ЕКО) является основным показателем сорбционных свойств почв. Носителем катионно-обменных свойств являются минеральные, органические и органо-минеральные коллоиды. Зональные подзолистые и дерново-подзолистые почвы характеризуются значениями ЕКО в интервале 10–25 мг·экв/100 г. Наивысшие значения ЕКО имеют торфяные горизонты болотных почв, болотно-подзолистых почв — более 90–130 мг·экв/100 г, повышенные значения свойственны гумусовым горизонтам дерново-карбонатных и чернозёмных почв 40–50 мг·экв/100 г, наименьшие значения показателя у песчаных подзолов 5–6 мг·экв/100 г.

На основе синтеза данных показателей была создана оценочная карта сорбционных свойств почв. Процессы сорбции определяют направление почвообразовательных процессов, влияют на химические и физические свойства почв и контролируют уровень плодородия. Высокая сорбционная ёмкость ограничивает подвижность химических элементов, способствует их иммобилизации. Сорбционная способность почв зависит от их гранулометрического состава, содержания глинистых минералов, долей разбухающих минералов и рентгеноаморфных образований, содержания и состава органического вещества.

Оценка сорбционных свойств производилась на основе показателей ЕКО, мощности органогенных и гумусовых горизонтов. Для оценки показателей использовались экспертные шкалы [Национальный атлас почв РФ, 2011; Глазовская, 1997], которые были

скорректированы в соответствии с региональными значениями. Балльная оценка сорбционной способности почв оценивалась как сумма баллов по трём показателям.

Полученные значения варьировали в пределах 4–10 баллов и были разделены на 5 градаций — от очень низкой до высокой (рис. 1г). В группе почв с очень высокой и высокой сорбционной способностью в регионе расположились торфяные болотные почвы и почвы заболоченных пойм, а также чернозёмы оподзоленные, слабокислые и нейтральные пойменные почвы, дерново- и перегнойно-глеевые, горные лесо-луговые. Минимальной способностью к закреплению загрязняющих веществ (4 балла) обладают подзолы, имеющие незначительную мощность органогенного и гумусового горизонтов, песчаный гранулометрический состав, а также глееподзолистые почвы и подбуры таёжные. Низкие значения сорбционной ёмкости в 5 баллов характерны для преобладающих подзолистых и дерново-подзолистых почв. Промежуточные значения сорбционной способности, оцениваемые в 6–7 баллов, получены для серых лесных и дерново-карбонатных почв. В эту же группу отнесены и буротаёжные почвы.

До настоящего момента сложившихся правил оформления карт в почвенно-геохимическом картографировании пока ещё не разработано, однако определённые подходы к оформлению всё же наметились. Для оформления разработанных карт использовались цветовые шкалы, как наиболее выразительные средства отображения информации, используемые на картах аналогичного содержания [Экологический атлас..., 2002; Национальный атлас почв..., 2011].

На втором этапе были составлены прикладные карты, анализирующие условия миграции тяжёлых металлов в почвах и чувствительность (сенсорность) почв к загрязнению. Теоретические положения для построения данных карт сводятся к следующему: миграция тяжёлых металлов и их соединений происходит в основном в верхних горизонтах почвы. Состав и количество удерживаемых в почве элементов зависят от содержания и состава гумуса, кислотности и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности, интенсивности биологического поглощения.

Карта условий миграции тяжёлых металлов по своему содержанию является комплексной. На ней отображены главные факторы миграции — окислительно-восстановительные и кислотности-щелочные обстановки. Поведение в почвах загрязняющих веществ во многом определяется обстановками миграции в почвенном профиле и в первую очередь кислотности-основными и окислительно-восстановительными условиями. Эти факторы контролируют формы нахождения химических элементов и подвижность их соединений, а также микробиологическую активность и интенсивность биохимических процессов. Кислотности-щелочные условия выступают в качестве важнейшего фактора, регулирующего подвижность тяжёлых металлов. Многие элементы, выступающие в химических соединениях как катионы, более растворимы в кислой среде, чем в нейтральной и щелочной — из тяжёлых металлов к ним относятся Cu, Zn, Cd, Fe, Mn, Ni, Co. Элементы, входящие в состав анионов, более подвижны в щелочной среде — это: Se, Mo, V, Cr, As. Переход металлов из твёрдой фазы почв в раствор и обратно связан с образованием комплексных и внутрикомплексных соединений металлов с гумусовыми кислотами. Присутствие растворимых фульвокислот при значениях рН ниже 4,5–4,0 свидетельствует о подвижности большой группы тяжёлых металлов. Поэтому целесообразно разделять в почвах очень кислую фульватную обстановку, где избыток фульвокислот проявляется в очень низких значениях рН, и менее кислую, где свободных фульвокислот меньше, и определённую роль в связывании металлов играют менее подвижные бурые гуминовые кислоты [Глазовская, 1997].

Окислительно-восстановительный потенциал почв существенно изменяет миграционную способность тяжёлых металлов, регулируя окклюзию тяжёлых металлов окислами железа и марганца. В условиях преобладания восстановительных процессов при увлажнении и анаэробном разложении органического вещества уменьшается миграционная

способность Cu, Ni, Co, Zn [Тяжёлые металлы..., 1997]. Резкая смена окислительно-восстановительных условий в профиле приводит к быстрому осаждению и концентрации элементов на контакте окислительных и восстановительных обстановок. Окислительно-восстановительные условия могут изменяться в профиле по сезонам года. Учитывая эти факторы для характеристики условий миграции ТМ в профиле почв, была использована классификация, предложенная И.В. Кауричевым, Д.С. Орловым [Орлов, Кауричев, 1982].

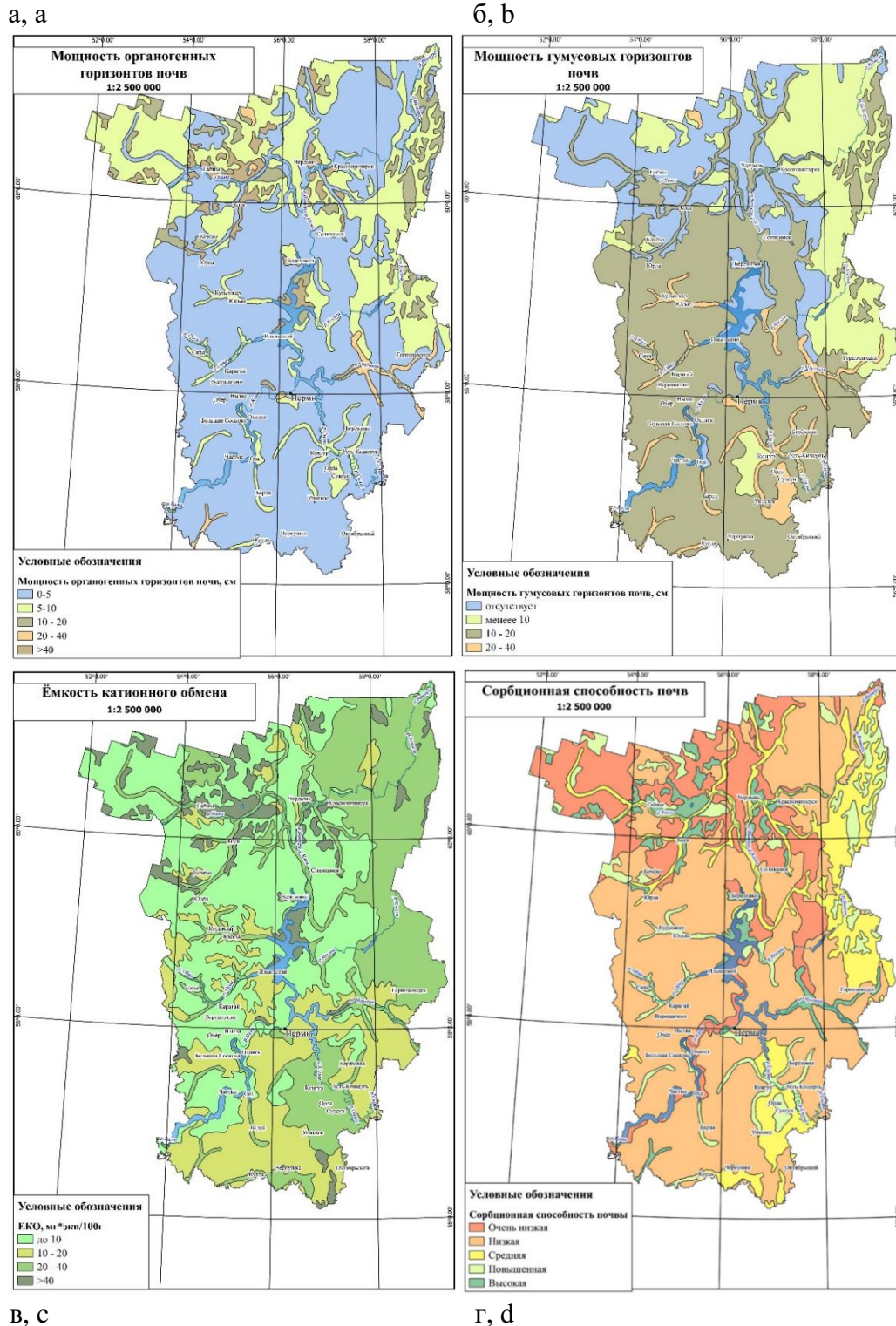


Рис. 1. Базовые почвенно-геохимические карты
Fig. 1. Basic soil-geochemical maps

Таким образом, в зависимости от сочетаний кислотно-основных и окислительно-восстановительных параметров в почвах формируются определённые условия миграции и аккумуляции многих элементов, при которых часть элементов переходит в труднорастворимые и труднодоступные для растений формы. Наибольшую опасность для биоты представляют элементы, образующие относительно мобильные формы, которые, тем не менее, могут накапливаться в профиле и быть доступными для растений. В то же время ряд микроэлементов образует легкоподвижные формы, которые в условиях промывного режима могут выноситься за пределы почвенного профиля.

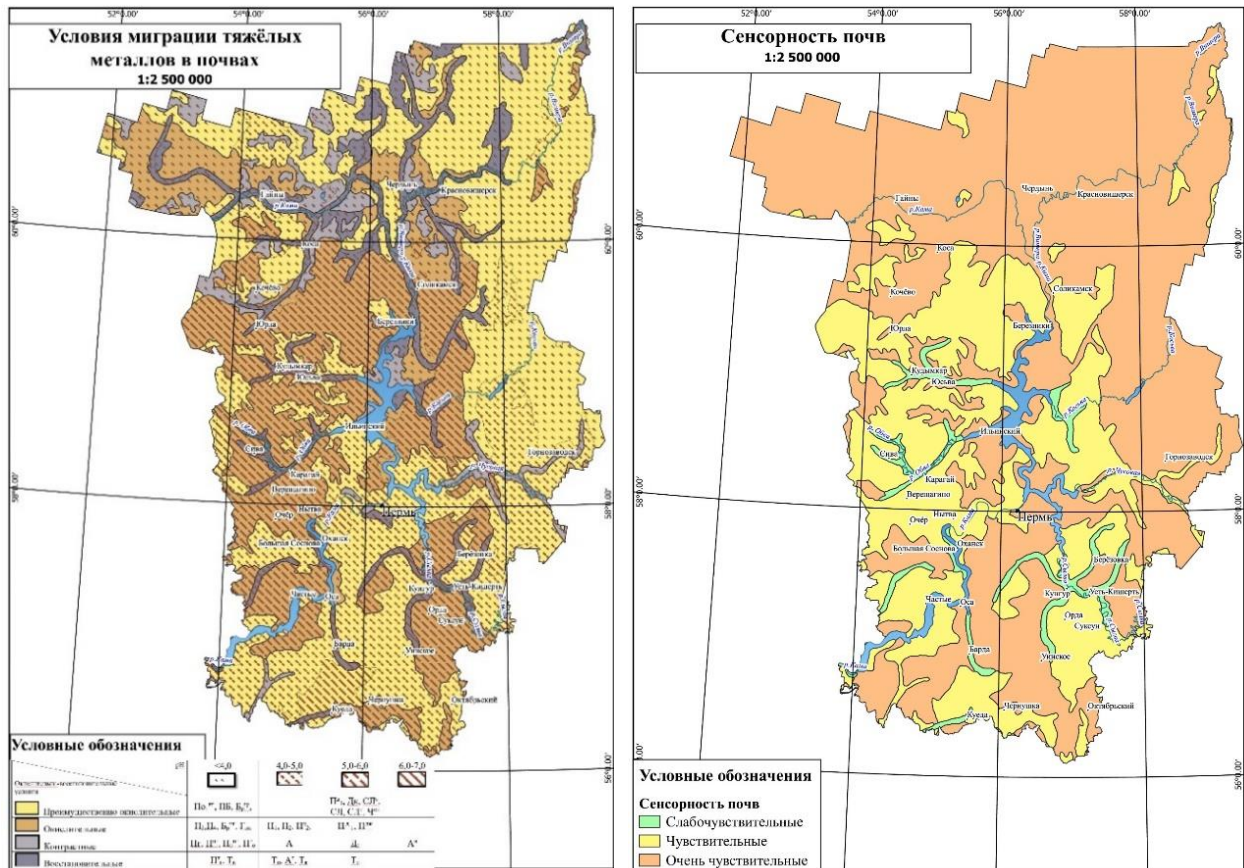


Рис. 2. Прикладные почвенно-геохимические карты
 Fig. 2. Applied soil-geochemical maps

Кислотно-основные условия принято характеризовать интервалами значений рН водной суспензии для верхних горизонтов почв или для всего профиля. Однако в имеющихся источниках, как правило, для почв подзолистого типа приводятся только значения рН солевой суспензии. Градации значений рН также осуществляются по-разному. В почвоведении используются наиболее дробная шкала вида: 5,1–5,5; 5,6–6,0; 6,1–6,5; 6,6–7,0; 7,1–7,5; 7,6–8,0. Однако в геохимии приняты более широкие градации. Например, на карте «Геохимические условия миграции микроэлементов в почвах Срединного региона» [Гаврилова и др., 1983] использованы градации: <math>< 4,5</math>; $4,5-6,5$; $6,5-7,5$; $7,5-8,5$; $> 8,5$. При этом учтены изменения данного показателя в профиле почвы как отношение рН в горизонтах А и В. На разработанной карте использована градация почв по значению величины рН в горизонте А, предложенная М.А. Глазовской [Глазовская, 1997]. Значения рН в почвах Пермского края изменяется от 3,2 до 7,0. Всего выделено 4 градации рН: менее 4,0; 4,1–5,0; 5,1–6,0; более 6,0. На территории края преобладают почвы подзолистого типа, буротаёжные, подбуры,

торфяные верховые и переходные. Слабокислая и близкая к нейтральной рН характерна для серых лесных почв, чернозёмов оподзоленных, дерново-карбонатных и дерново-глеевых, а также болотных низинных почв. Очень ограниченное распространение имеют почвы со значением рН более 6 единиц — это преимущественно почвы пойм.

В соответствии с окислительно-восстановительным режимом было выделено пять вариантов геохимических обстановок: с господством окислительной и восстановительной обстановок во всём профиле, а также с контрастным окислительно-восстановительным режимом, в т.ч. с сезонными восстановительными процессами в верхних горизонтах почв, с сезонным оглеением в нижней части профиля и устойчивыми восстановительными процессами в нижней части профиля [Кауричев, Орлов, 1982].

На территории Пермского края широко распространены почвы с преобладанием окислительных процессов во всём профиле: подзолы, дерново-подзолистые, серые лесные, дерново-карбонатные, подбуры и буро-таёжные, горные лесо-луговые. На севере региона значительные площади заняты почвами с сезонными восстановительными процессами в верхних горизонтах: подзолистые, болотно-подзолистые, отчасти дерново-подзолистые. Преобладание восстановительных процессов в профиле характерно для болотных торфяных и торфяно-глеевых, дерново-глеевых почв, заболоченных почв пойм.

Совмещённый анализ слоёв выявил 12 вариантов геохимических обстановок. Значительное распространение имеют условия, представляющие собой сочетание окислительной обстановки с рН 5,0–6,0. Такая обстановка способствует тому, что большинство элементов образуют слабоподвижные соединения, которые могут накапливаться в корнеобитаемом слое почвы и быть доступными для растений. Ряд элементов, напротив, образует легкорастворимые формы, в том числе Hg и Cd. В центральных районах почвы характеризуются контрастным окислительно-восстановительным режимом с сезонными восстановительными процессами в верхних горизонтах и кислой реакцией почвенных растворов.

Сложная геохимическая обстановка складывается на севере региона, где преобладают контрастные и восстановительные обстановки в сочетании с низкими значениями рН. В таких условиях, где также высоко содержание подвижных органических веществ, гидроксидов железа и марганца, большинство металлов благодаря образованию металлоорганических комплексных соединений с фульвокислотами более подвижны. Те элементы, которые теоретически малоподвижны в восстановительной среде (Se, As, F, Cu, Pb, Mo и др.), становятся в действительности умеренно подвижными, т.к. образуют с железом, марганцем и органическими веществами комплексные и внутрикомплексные растворимые соединения [Глазовская, 1997].

Оформление карты включает цветовую и штриховую шкалы. Цветом отображены варианты окислительно-восстановительной обстановки. Цветовая шкала ассоциируется со степенью гидроморфизма в профиле почв. Кислотно-щелочные условия изображены штриховкой. Легенда карты представлена в форме матрицы. Матричное построение оптимально при комбинировании двух и более классификаций. Достоинством матриц является высокая информативность, организованная структура, соподчинённость основных характеристик и наглядность [Январёва, 2008]. Входы матрицы представляют окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные условия. Единицы легенды соответствуют определённым обстановкам миграции тяжёлых металлов.

На основе базовых аналитических карт была разработана карта «Сенсорности (чувствительности) почв», оценивающая свойства почв относительно загрязнения тяжёлыми металлами. Понятие сенсорности почв к техногенным воздействиям введено М.А. Глазовской [1997] в качестве одного из показателей устойчивости. Сенсорность характеризует ответную реакцию почв к тем или иным воздействиям и проявляется в усилении степени подвижности и доступности для организмов химических веществ. При оценке потенциальной устойчивости почв, их чувствительности к техногенным

воздействиям учитываются: свойства и режимы почв, которые контролируют процессы изменения физико-химических и биогеохимических свойств почв, сопровождающиеся понижением их плодородия; метаболизм техногенных химических соединений, приводящий к повышению или, наоборот, к ликвидации их токсичности; закрепление техногенных веществ в доступных или недоступных для растений формах; вынос части подвижных соединений загрязняющих веществ в нижние горизонты почв или за пределы профиля.

Сенсорность почв по отношению к тяжёлым металлам зависит от их кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий. Поэтому основой для создания карты сенсорности послужила карта условий миграции тяжёлых металлов. Оценка показателей выполнена на основе метода экспертных оценок [Глазовская, 1997]. Суммарный балл ранжировался для определения градаций показателя. В общей сложности сенсорность почв региона оценивается в 5–16 баллов. Были определены три градации (рис. 2). К наиболее чувствительным к загрязнению микроэлементами относятся почвы: подзолы и подзолистые, болотно-подзолистые, буротаёжные, подбуры, горные лесо-луговые. Главным фактором, определяющим высокую чувствительность, служит сильно-кислая реакция почвенных растворов и преимущественно окислительная обстановка. К чувствительным почвам с балльной оценкой 5–10 единиц относятся автоморфные дерново-подзолистые, серые лесные почвы, чернозёмы оподзоленные, а также все гидроморфные почвы; слабочувствительными являются почвы пойм, имеющие контрастный окислительно-восстановительный режим и нейтральную реакцию среды.

ВЫВОДЫ

Разработанная серия почвенно-геохимических карт позволяет раскрыть основные экологические функции почвенного покрова, охарактеризовать почвы как среду, где протекают процессы миграции, трансформации и аккумуляции химических веществ. Карты различаются назначением и целями картографирования, способами обобщения информации. В соответствии с методикой построения все карты являются интерпретационными, анализирующими и оценивающими свойства и режимы почв с позиций условий миграции и аккумуляции веществ. Предлагаемый пакет карт включает два блока: базовые и прикладные карты. Каждый из блоков, в свою очередь, содержит констатационные и оценочные карты. Базовый блок включает серию карт, характеризующих сорбционную способность почв. Прикладной блок посвящён анализу свойств почв по отношению к тяжёлым металлам как приоритетной группе загрязняющих веществ. В него включены две карты — «Условия миграции тяжёлых металлов в почвах» и «Сенсорность (чувствительность) почв».

Анализ содержания карт позволяет охарактеризовать геохимические особенности почвенного покрова региона. Так, на территории края выделено 12 вариантов обстановок, определяющих условия миграции тяжёлых металлов. Сорбционная способность наиболее распространённых почв региона оценена как очень низкая и низкая, что обусловлено малой мощностью гумусовых горизонтов и низкой ёмкостью катионного обмена почв подзолистого типа. Почвы региона определены как чувствительные и очень чувствительные к загрязнению тяжёлыми металлами.

Данные карты могут быть рекомендованы для включения в раздел «Почвы» в региональный комплексный географический атлас.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова М.Д., Гаврилова И.П., Геннадиев А.Н. Экологические почвенно-геохимические карты России: методология составления, содержание. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 1994. № 3. С. 31–38.

2. *Богданова М.Д., Герасимова М.И.* Почвенные карты в новом Экологическом атласе России. Почвоведение, 2019. № 9. С. 1454–1470.
3. *Вологжанина Т.В.* Серые лесные почвы зоны широколиственных лесов Русской равнины. Пермь: Пермская ГСХА, 2005. 454 с.
4. *Гаврилова И.П., Касимов Н.С., Павленко И.А., Побединцева И.Г.* Почвенно-геохимическое районирование Срединного региона по условиям миграции микроэлементов. Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. Сб. 120. М.: Мысль, 1983. С. 169–183.
5. *Герасимова М.И., Гаврилова И.П., Богданова М.Д.* Мелкомасштабные почвенные карты как источник информации для специальных прогнозно-оценочных карт почвенного цикла. Структура почвенного покрова: Материалы межвед. совещ. М., 1993. С. 69–73.
6. *Глазовская М.А.* Геохимические барьеры в почвах равнин, их типология, функциональные особенности и экологическое значение. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2012. № 1. С. 8–14.
7. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 326 с.
8. *Глазовская М.А.* Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям [Методическое пособие]. М.: Издательство Московского университета, 1997. 101 с.
9. *Джувеликян Х.А., Щеглов Д. И., Горбунова Н.С.* Загрязнение почв тяжёлыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязнённых почв. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2009. 21 с.
10. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Экологические функции почв в биосфере. М.: Наука, 1986. 262 с.
11. *Кауричев И.С.* Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М.: Колос, 1982. 247 с.
12. *Коротаев Н.Я.* Почвы Пермской области. Пермь: Пермское книжное издательство, 1962. 280 с.
13. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с.
14. Национальный атлас России. Т. 2. М.: Роскартография, 2007. 495 с.
15. *Орлов Д.С., Кауричев И.С.* Окислительно-восстановительные процессы и их контроль в генезисе и плодородии почв. М.: Колос, 1982. 246 с.
16. *Протасова Л.А.* Генетическая характеристика и диагностика дерново-бурых и дерново-карбонатных почв Пермского края: монография. Пермь: Пермская ГСХА, 2008. 157 с.
17. Тяжёлые металлы в системе почва-растение-удобрение. М.: Пролетарский светоч, 1997. 291 с.
18. Экологический атлас России. М.: Феория, 2017. 510 с.
19. Экологический атлас России. СПб.: Карта, 2002. 128 с.
20. *Январёва Л.Ф.* Табличные легенды тематических карт — форма организации географической информации. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 2008. № 1. С. 32–39.
21. Resources and environment. World Atlas. Moscow: Russian Academy of Sciences, Institute of Geography – Vienna, Austria, 1998. 195 p.

REFERENCES

1. *Bogdanova M.D., Gavrilova I.P., Gennadiev A.N.* Ecological soil-geochemical maps of Russia: Compilation methodology, content. Herald of Moscow University. Series 5. Geography, 1994. No 3. P. 31–38 (in Russian).
2. *Bogdanova M.D., Gerasimova M.I.* Soil maps in the new Ecological atlas of Russia. Eurasian Soil Science, 2019. No 9. P. 1454–1470 (in Russian).
3. Ecological atlas of Russia. Moscow: Feoria, 2017. 510 p. (in Russian).

4. Ecological atlas of Russia. St. Petersburg: Karta, 2002. 128 p. (in Russian).
 5. *Gavrilova I.P., Kasimov N.S., Pavlenko I.A., Pobedintseva I.G.* Soil-geochemical zoning of the Middle region according to the conditions of migration of trace elements. Landscape-geochemical zoning and environmental protection. Geography issues. V. 120. Moscow: Mysl', 1983. P. 169–183 (in Russian).
 6. *Gerasimova M.I., Gavrilova I.P., Bogdanova M.D.* Small-scale soil maps as a source of information for special forecast and soil map maps. Soil structure: Proceedings of Interdepartmental meeting. Moscow, 1993. P. 69–73 (in Russian).
 7. *Glazovskaya M.A.* Geochemical barriers in plain soils, their typology, functional characteristics and environmental importance. Herald of Moscow University. Series 5. Geography, 2012. No 1. P. 8–14 (in Russian).
 8. *Glazovskaya M.A.* Geochemistry of natural and technogenic landscapes of the USSR. Moscow: Higher school, 1988. 326 p. (in Russian).
 9. *Glazovskaya M.A.* Methodological foundations for assessing the ecological and geochemical resistance of soils to technogenic impacts [Methodical manual]. Moscow: Moscow University Press, 1997. 101 p. (in Russian).
 10. Heavy metals in the soil-plant-fertilizer system. Moscow: Proletarian Svetoch, 1997. 291 p. (in Russian).
 11. *Juvelikyan H.A., Scheglov D.I., Gorubnova N.S.* Soil pollution by heavy metals. Methods of control and regulation of contaminated soils. Voronezh: Publishing and Printing Center of Voronezh State University, 2009. 21 p. (in Russian).
 12. *Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D.* Ecological functions of soils in the biosphere. Moscow: Nauka, 1986. 262 p. (in Russian).
 13. *Kaurichev I.S.* Redox processes and their role in the genesis and soil fertility. Moscow: Kolos, 1982. 247 p. (in Russian).
 14. *Korotaev N.Ya.* Soils of the Perm Region. Perm: Perm Book Publishing House, 1962. 280 p. (in Russian).
 15. National Atlas of Russia. V. 2. Moscow: Roscartography, 2007. 495 p. (in Russian).
 16. National Atlas of Soils of the Russian Federation. Moscow: Astrel, 2011. 632 p.
 17. *Orlov D.S., Kaurichev I.S.* Redox processes and their control in the genesis and soil fertility. Moscow: Kolos, 1982. 246 p. (in Russian).
 18. *Protasova L.A.* Genetic characteristics and diagnostics of sod-brown and sod-carbonate soils of the Perm Territory: monograph. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2008. 157 p. (in Russian).
 19. Resources and environment. World Atlas. Moscow: Russian Academy of Sciences, Institute of Geography – Vienna, Austria, 1998. 195 p.
 20. *Vologzhanina T.V.* Gray forest soils of the broadleaf forest zone of the Russian Plain. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2005. 445 p. (in Russian).
 21. *Yanvareva L.F.* Table legends of thematic maps as a form of organization of geographical information. Herald of Moscow University. Series 5. Geography, 2008. No 1. P. 32–39.
-