

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 528.9

ПОЧВЕННЫЕ КАРТЫ В НОВОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ АТЛАСЕ РОССИИ¹

© 2019 г. М. Д. Богданова^{a, *}, М. И. Герасимова^{a, b, **}

^aМГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

^bПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, Москва, 119017 Россия

*e-mail: md-bogdanova@yandex.ru

**e-mail: maria.i.gerasimova@gmail.com

Поступила в редакцию 26.03.2019 г.

После доработки 24.04.2019 г.

Принята к публикации 29.05.2019 г.

Представлена серия карт во втором издании Экологического атласа 2017 г., составленных на основании почвенной и других тематических карт, характеризующих разные аспекты экологической обстановки и условий ее формирования в России. По методике составления карты являются фактологическими и интерпретационными. Содержание первых сформировано по конкретным картографическим и аналитическим материалам, вторых — путем целенаправленной интерпретации информации, снятой с тематических карт, в первую очередь с почвенной. Информация касается строения почвенных профилей и свойств почв — единиц легенды базовой почвенной карты, также включенной в атлас. Опыт составления серии карт атласа позволил ввести ряд новых элементов в методологию создания интерпретационных карт, разрабатываемую почвенно-ландшафтно-геохимической школой М.А. Глазовской. К оригинальным относятся карты: “Экологические функции почв”, “Красная книга почв”, “Почвенные и ландшафтно-геохимические процессы”. По сравнению с фундаментальным Национальным атласом почв России, набор и содержание карт почвенной тематики в Экологическом атласе определяются его ориентированностью на экологические проблемы; кроме того, они отличаются менее мелким масштабом.

Ключевые слова: методология картографирования, интерпретационные карты, почвенная информация, функции почв

DOI: 10.1134/S0032180X19120025

ВВЕДЕНИЕ

Экологический атлас России, изданный в 2017 г., содержит 17 карт почвенной тематики. Информация о составе и строении почвенного покрова, свойствах и режимах почв включена в атлас как необходимый элемент характеристики экологической обстановки, как условие ее понимания и оценки ее стабильности, а также обоснования прогноза ответных реакций природных систем на антропогенные воздействия. В соответствии с назначением атласа осуществлялся выбор тематики карт почвенной группы. Научно-справочные атласы²,

комплексные и тематические, составленные в последнее время, содержат немало карт почвенной тематики. Возрастающее количество и разнообразие подобных карт связано с накоплением фактических сведений о почвах, развитием методологии картографирования, а также востребованностью информации о почвах.

В комплексных отечественных региональных атласах и национальных атласах разных стран, изданных за последние три десятилетия, широко представлены различные почвенные карты. В отечественных региональных атласах количество карт почвенной тематики достигает 25 [3]. В национальных атласах количество почвенных карт колеблется от 1 до 45 [7]. Базовая почвенная карта дополняется картами, отражающими отдельные свойства почв (рН, содержание и состав гумуса, мощность горизонтов, содержание карбонатов, солей, состав глинистых минералов, гранулометрический состав), гидротермические режимы, строение почвенного покрова, почвенно-географическое районирование и другие.

Большое внимание в комплексных атласах уделено прикладным почвенным картам, среди

¹ Дополнительная информация для этой статьи доступна по doi 10.1134/S0032180X19120025

² Слово “атлас” обычно обозначает сборник географических карт (от имени древнегреческого мифологического титана Атланта (Atlas). Д.Н. Ушаков. Толковый словарь русского языка. 2012). Однако существует и более широкое понимание термина: хорошо иллюстрированная книга или справочник. В последнее время опубликованы атласы почв: Почв мира (2007), Республики Коми (2010), Юга Дальнего Востока (2010), Горного Крыма (2014), Техногенных почв Европы (2013), Почвенных катен Восточной Европы (2017, 2018), в которых отсутствуют карты, поэтому в данной работе они не анализируются.

которых выделяются два блока: сельскохозяйственные (относительно традиционные) и экологические. К последним относятся карты, представляющие содержание в почвах определенных химических элементов-загрязнителей, деградационные процессы, прогноз возможных антропогенных изменений почв, а также некоторые элементы функционирования почв [7].

Среди *тематических* атласов особый интерес представляют почвенные и экологические. Издание *почвенных* атласов свидетельствует о востребованности обществом информации о почвах. Таких атласов создано еще немного, и они существенно различаются по назначению, содержанию, информативности и научному уровню.

Атласы почв континентов и крупных регионов мира составлены по единой программе на основе почвенной карты ФАО [47] и Международной классификации WRB [49]. Это атласы Европы [54], Африки [53], Латинской Америки [44], Северного Циркумполярного региона [55]. В них много внимания уделяется популяризации информации о почвах, атласы иллюстрированы прекрасными фотографиями почвенных разрезов, обнажений, ландшафтов, схемами, графиками, пояснительными текстами; описываются главные единицы Международной классификации почв, сообщаются сведения об обеспеченности территории базами данных. Кроме почвенной карты ФАО [47], других карт очень мало, они схематичны и очень мелкого масштаба от 1 : 40 до 1 : 80 млн. К ним относятся карты деградации почв, потерь почв от эрозии, потерь гумуса, а также схематические карты некоторых почвенных свойств (рН, содержание гумуса, емкость катионного обмена, гранулометрический состав и др.).

Почвенные атласы стран представляют значительный научный интерес. Приведем в качестве примера научно-справочные атласы, отличающиеся высокой информативностью и наибольшим набором карт.

Национальный Атлас почв РФ [29] содержит полную и разнообразную информацию о почвах. В девяти разделах представлены следующие темы: факторы почвообразования, почвенные горизонты (ареалов диагностических горизонтов по "Классификации и диагностике почв России" [27]), почвы, почвенный покров (структуры почвенного покрова, педоразнообразия), свойства и режимы почв, экологические функции (бонитет, окислительные и сорбционные функции, устойчивость), антропогенные изменения, использование почв и земельных ресурсов, охрана почв. Масштабы карт от 1 : 15 до 1 : 60 млн. Большой раздел посвящен почвенным и земельным ресурсам субъектов РФ. Он содержит фрагменты Почвенной карты масштаба 1 : 2.5 млн [35] для каждого субъекта РФ и сведения о структуре земельных

угодий по данным Федерального государственного статистического наблюдения за земельными ресурсами на 2006 г. Почвенно-экологический раздел представлен картами баланса гумуса, эрозии, загрязнения тяжелыми металлами, прогноза изменений почв при нефтедобыче и размещения заповедников.

Атлас почв Азербайджана [45] содержит много базовых и прикладных карт масштаба 1 : 1.5 млн, основанных на фактических материалах. Карты сгруппированы в 4 раздела: почвы – 26 карт, агрохимия – 12, мелиорация – 16, экология – 24 карты. Специфике хозяйства страны соответствует определенный набор карт, например, почвенно-климатических, мелиоративных, засоления почв, содержания микроэлементов, карт, связанных с виноградарством. Среди карт атласа есть оригинальные, например, "Антропогенные почвы, используемые в сельском хозяйстве", "Генетические формы засоления почв", "Распространение почвенных беспозвоночных".

Экологические атласы. В продолжение традиции атласного картографирования на географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова создано два Экологических атласа России в 2002 и 2017 гг. [39, 40].

Атлас 2002 г. содержит 6 разделов, в целом соответствующих основным направлениям экологического картографирования [38]. В атласе 13 карт почвенной тематики, они входят в основные разделы: "Условия формирования экологической обстановки", "Изменения природной среды", "Экологическое состояние природной среды". Кроме собственно почвенной карты, в атлас включены карты деградационных процессов (дегумификации и переуплотнения), засоления, гидроморфизма, водной и ветровой эрозии, почвенно-геохимических обстановок, условий миграции тяжелых металлов, нефтепродуктов, пестицидов и радиационного загрязнения [39].

Исходя из имеющегося у авторов опыта мелко-масштабного почвенного картографирования и концепции нового Экологического атласа [25], составлена серия карт, в том числе оригинальных, и разрабатывалась методология интерпретационного тематического картографирования (табл. 1). Результаты этих работ посвящена настоящая статья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Массив карт почвенного содержания масштабов от 1 : 20 до 1 : 40 млн распределен между четырнадцатью разделами атласа в следующей логической последовательности, принятой в атласе: исходный природный объект, его реальные свойства, режимы и протекающие в нем процессы и функционирование → антропогенные воздействия, изменившие исходные свойства → экологические

Таблица 1. Карты почвенной тематики в разделах Экологического атласа России [40]

Раздел атласа	Карта	Масштаб	Методика составления	Источник*	Авторы
Природные условия формирования экологической обстановки	Почвы	1 : 20 млн	Генерализация, обновление	Мелкомасштабные почвенные карты, материалы дистанционного зондирования	М.И. Герасимова, М.Д. Богданова, А.Ю. Кожухарь
	Структура почвенного покрова	1 : 30 млн	Интерпретация информации с геоморфологической и почвенной карт	Карты: почвенная, геоморфологическая	
	Гумус в почвах	1 : 30 млн	Обработка, обобщение аналитических данных	Фактические данные (результаты химических анализов)	
	Тепловой режим почв	1 : 30 млн	Обобщение литературных и картографических материалов	Фактические данные (результаты пересчета данных метеостанций)	
	Водный режим почв	1 : 30 млн	Интерпретация генезиса почв	Почвенная карта	
	Мерзлотный режим почв	1 : 30 млн	Интерпретация карт и свойств почв	Криолитологические карты	
	Почвенно-геохимическая карта	1 : 20 млн	Интерпретация основных свойств и режимов почв	Почвенная карта	
	Поверхностные геохимические барьеры	1 : 30 млн	Интерпретация генетического профиля почв	Почвенная карта	
	Внутрипочвенные геохимические барьеры	1 : 20 млн		Почвенная карта	
	Почвенные и ландшафтно-геохимические процессы	1 : 20 млн	Интерпретация генезиса почв и свойств геохимических ландшафтов	Карты: почвенная, ландшафтно-геохимическая	
Воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду	Деградация почв	1 : 30 млн	Обобщение литературных и картографических материалов	Карты: почвенная, земельных угодий, материалы дистанционного зондирования	

Таблица 1. Окончание

Раздел атласа	Карта	Масштаб	Методика составления	Источник*	Авторы
Современная экологическая обстановка	Экологические функции почв	1 : 20 млн	Интерпретация, экспертная оценка свойств и режимов почв	Почвенная карта	М.И. Герасимова, М.Д. Богданова, Е.Д. Никитин, А.Ю. Кожухарь
	Устойчивость почв к загрязнению нефтью	1 : 20 млн	Интерпретация, экспертная оценка факторов миграции и аккумуляции	Карты: почвенная, климатические	Ю.И. Пиковский, А.Н. Геннадиев
	Эколого-геохимическая устойчивость почв к загрязнению свинцом, селеном, цезием	1 : 40 млн	Интерпретация, экспертная оценка факторов миграции и аккумуляции	Карты: почвенная, почвенно-геохимическая, геохимических барьеров	Е.М. Никифорова, М.Д. Богданова, А.Ю. Кожухарь
Мониторинг экологического состояния окружающей среды и охрана природы	Красная книга почв	1 : 30 млн	Анализ литературных материалов	Литературные материалы	М.И. Герасимова, М.Д. Богданова, Е.Д. Никитин, А.Ю. Кожухарь

* В большинстве случаев использованы монографии и статьи, которые в таблицу не включены, но представлены в списке литературы.

условия и риски, связанные с почвами → существующие и необходимые меры по сохранению почв. Особое внимание уделено картографированию тех показателей, которые определяют функции почв как природных, так и измененных деятельностью человека, а также устойчивость почв к разным видам воздействий.

В атлас включены как традиционные, так и оригинальные карты. Часть карт повторяет тематику карт Экологического атласа 2002 г., но они дополнены новыми материалами. По сравнению с почвенным атласом РФ [29], набор почвенных карт нового атласа отличается соответствующей направленностью, карты с близкими названиями имеют несколько иное содержание; кроме того, карты Экологического атласа, как правило, составлены в более крупном масштабе.

По методам составления карты атласа разделяются на фактологические и интерпретационные. Первые основаны на аналитических данных, информации из литературных и картографических источников, материалах дистанционного зондирования. Примерами фактологических карт в атласе служат карты: Гумус в почвах, Тепловой режим почв, Красная книга почв.

Составление интерпретационных карт предполагает анализ свойств объектов и связей между ними. Информация о почвах и ландшафтах, имею-

щая значение для оценок тех или иных явлений, интерпретируется под определенным углом зрения, выявляются связи между явлениями и закономерности, что создает новую информацию, которая выносится на карту [4, 43]. Глазовская сформулировала принцип “прогнозной информативности природных факторов”, согласно которому, по комбинациям характеристик компонентов ландшафта можно создавать модели поведения элементов и оценивать устойчивость природных систем к антропогенным нагрузкам [11]. В отношении интерпретации почвенных свойств имеется некоторая аналогия с понятием “педотрансферные функции”, которые были определены как прогнозные зависимости, переводящие имеющиеся данные в необходимые для тех или иных целей [46]. Например, для почвенно-геохимических карт прямые сведения о свойствах почв и конкретных химических элементов и соединений интерпретируются с точки зрения возможности их миграции, трансформации и аккумуляции в почвах. Основным источником информации для большинства интерпретационных карт служит почвенная карта — ареалы почв и экспертная оценка свойств почв.

Сложность содержания карт почвенной тематики и обилие параметров, используемых при их составлении, требуют организации выносимых

Гумусное состояние почв

Запасы органического углерода в слое 0–100 см, т/га	Типы гумуса для горизонта А почв (величины отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$)*						Торф
	Чисто гуматный 2 и более	Гуматный 1.5–2.0	Фульватно-гуматный 1.0–1.5	Гуматно-фульватный 0.75–1.00	Фульватный 0.50–0.75	Чисто фульватный менее 0.5	
Сверх высокие 500–800							17
Очень высокие 300–500	1	3					18
Высокие 200–300	2	4	6				
Средние 100–200		5	7	9	12		
Низкие 40–100			8	10	13	15	
Очень низкие Менее 40				11	14	16	

* $C_{ГК}/C_{ФК}$ – отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот

Рис. 1. Легенда карты “Гумус в почвах”.

на карту показателей в форме табличных и матричных легенд [42].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Представление 17 карт Экологического атласа ограничим рассмотрением легенд и комментариев к ним, более подробными для оригинальных карт, большая часть которых относится к интерпретационным.

Базовая *Почвенная карта*. Легенда составлена в традиционном для отечественной картографии системе, по организации она близка легенде карты 1988 г. масштаба 1 : 2.5 млн [35]. Легенда включает почвы равнин, перечисленные в зональной последовательности (но без разделения на природные зоны), почвы гор, почвенные комплексы и почвообразующие породы. В названия почв – единиц легенды, включены термины из классификации почв России [27]. В ряде случаев “новые” названия почв дополняются их синонимами в традиционной системе. Новым элементом карты является введение в нее агропочв. В ареалах почв, где доля пашни превышает 50%, агропочвы показаны штриховкой по фону природной почвы; в ареалах с долей пашни ниже 50% вводится внесмасштабный значок. Контурная часть карты представляет собой модифицированную версию почвенной карты авторов статьи, опубликованной в первом томе Национального Атласа России [30]. Информация о пахотных землях была получена путем дешифрирования космических снимков [50].

Рассмотрим карты Экологического атласа, составленные по фактическим материалам – **фактологические**.

Гумус в почвах. Специальная карта посвящена органическому веществу почв; она основана на аналитических и литературных материалах [2, 31].

Гумусное состояние почв отражено тремя показателями: запасами органического углерода в слое 0–100 см (т/га), типом гумуса верхнего горизонта – отношением $C_{ГК}/C_{ФК}$ (рис. 1); дополнительно показаны мощности гумусовых/органогенных горизонтов. Содержание карты является результатом обобщения большого массива фактических материалов ее авторов, собранных в течение многих лет. Характеристики гумуса привязаны к единицам легенды и контурам базовой почвенной карты. Обзорный масштаб карты обусловил использование информации о наиболее распространенных почвах – единицах легенды, сгруппированных в более крупные общности по свойствам гумусового профиля. В отличие от Национального атласа почв России [29], где каждому показателю гумусного состояния почв посвящены отдельные карты, в Экологическом атласе был выбран путь интегрального представления трех характеристик на одной карте, что может быть более целесообразным для экологических оценок и принятия решений (рис. S1).

Гидротермическим режимам почв посвящены три карты главных составляющих почвенных режимов: теплового, водного и мерзлотного. Мелкомасштабных карт режимов опубликовано мало; известны обзорные карты мира увлажнения и температур, составленные в системе американской Soil Taxonomy [56], разные аспекты водного и теплового режимов представлены на картах в Национальном атласе почв Российской Федерации [29], атласе почв Азербайджана [45]. Отдельные элементы режимов выносятся на почвенные базовые карты [34], карты почвенно-географического районирования [24] и мелиоративные [36, 45]. Сведения о гидротермических режимах почв используются при создании прогнозных карт поведения различных загрязнителей, осо-

Тепловой режим почв*
Показатели теплового режима в слое 0,2 м

Почвенный климат	Среднегодовая температура	Сумма температур >10°	Амплитуда колебания температуры					Глубина проникновения температуры +10° (м)
			<16	16–24	24–32	32–40	>40	
I Экстремально холодный	–12 ... –8	<400						<1
		400–1200						
II Близкий к экстремальному	–8 ... –4	<400						
		400–1200						
		1200–2000						
III Очень холодный	–4 ... 0	<400						
		400–1200						
		1200–2000						
IV Холодный	0 ... +4	400–1200						1–2
		1200–2000						
		2000–2800						
V Умеренно холодный	+4 ... +8	1200–2000						2–3
		2000–2800						
VI Умеренно теплый	+8 ... +12	2000–2800						
		2800–3600						
		3600–4400						
VII Теплый	+12 ... +16	2800–3600						>3
		3600–4400						
VIII Очень теплый	+16 ... +20	>4400						

* В горных районах показатели тепловых режимов приводятся для нижнего горного пояса без учета высотной поясности и котловинных эффектов.

Рис. 2. Легенда карты “Тепловой режим почв”.

бенно органических. Среди карт почвенных режимов Экологического атласа одна карта – теплового режима – относится к фактологическим, а две другие – к интерпретационным.

Карта *Тепловой режим почв* основана на одноименной монографии Димо [21], ее схематической карте и других литературных материалах [1, 23]. Большая часть показателей относится к слою 0–20 см, что объясняется наличием для него массовых данных метеостанций, с одной стороны, сосредоточенностью в нем почвенных процессов и его функциями в биогеоценозах и агроценозах, следовательно, отнесением к нему экологических нормативов, с другой стороны.

По среднегодовой температуре почвы на глубине 20 см выделено восемь градаций, представляющих типы теплового режима почв от экстремально холодного до очень теплого (рис. 2). Для более полной оценки обеспеченности теплом

введены категории по суммам биологически активных температур. Континентальность почвенного климата оценивается по годовой амплитуде колебания температуры. К характеристике теплообеспеченности почв по верхнему слою добавлены сведения о глубине проникновения в почву биологически активных температур. На карте несколько параметров теплового режима представлены в единой системе, что отличает ее от серии карт отдельных элементов теплового режима в почвенном атласе РФ [29] (рис. S2).

Карта *Красная книга почв России* помещена в раздел Экологического атласа “Мониторинг экологического состояния окружающей среды и охрана природы”. Карта является новой, оригинальной, она создана по Красной книге почв России, первый выпуск которой был опубликован в 2009 г. [28]. Красная Книга почв России была составлена по аналогии с Красными книгами расте-

Красная книга почв России. 2009 год

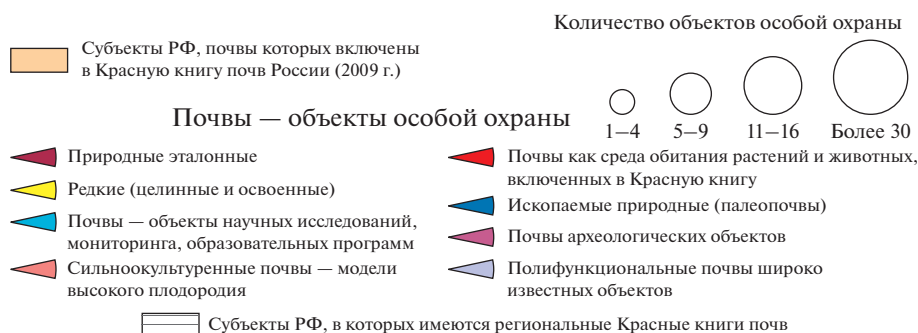


Рис. 3. Легенда карты “Красная книга почв России”.

ний и животных, подлежащих охране, по инициативе и при деятельном участии Е.Д. Никитина.

Карта отражает состояние вопроса охраны почв в регионах; на ней показаны субъекты РФ, где ведется охрана почв, количество почв — объектов охраны и ее цели [8]. Число особо охраняемых объектов в регионах колеблется от 1 до 43, независимо от размера территории и разнообразия природных условий.

Анализ Красной книги позволил сгруппировать охраняемые почвы в 8 категорий по характеру самих объектов, целям и задачам охраны. Например, первая категория включает первоочередные объекты охраны, которыми являются природные (близкие к целинным) эталонные почвы: обыкновенные черноземы Каменной степи, выщелоченные черноземы и темно-серые почвы Шипова леса, дерново-подзолистые почвы Подмосковья (рис. 3).

К категории редких почв, сформировавшихся благодаря отдельным, не совсем обычным факторам почвообразования, например, специфике породы, отнесены почвы горного массива Кракка в Башкирии, сложенного ультраосновными породами — дунитами и серпентинитами, или рендины “меловых боров” на выходах белого писчего мела в Белгородской области. К объектам особой охраны относятся почвы археологических объектов или почвы, обеспечивающие существование краснокнижных видов животных и растений. Отдельная категория отдана “полифункциональным почвам” с несколькими равнозначными функциями, среди которых было затруднительно выделить главную.

В итоге карта отражает разнообразие целей охраны почв, распределение охраняемых объектов по территории России, “специализацию” отдельных регионов в отношении целей охраны распространенных в них почв. Карта представляет собой первый опыт картографического отображения ценных и редких почв страны.

В атласе почв РФ [29] тематика охраны почв представлена в других аспектах на нескольких картах: показано размещение особо охраняемых

природных территорий (ООПТ), а также территорий, перспективных для организации ООПТ с перечнем почв, в них не представленных, и местоположений эталонных почв, включенных в Красную книгу (рис. S3).

Интерпретационные карты разнообразны по содержанию, почвенным параметрам и, как правило, составляются в контурах почвенной карты. Для каждой карты выбираются определенные параметры, которые подвергаются ранжированию, интерпретации в соответствии с конкретными целями [4]. Методология создания интерпретационных карт разрабатывалась для ряда карт почвенной тематики, образующих в Экологическом атласе особый блок карт, связанных друг с другом содержанием и системой контуров.

Карта *Структуры почвенного покрова* дополняет почвенную карту информацией о строении почвенного покрова, представлениями о возможных путях миграции химических элементов, в частности, техногенных потоков веществ в ландшафтах. Методология составления карты основана на интерпретации информации о составе почвенного покрова с почвенной карты и анализе условий рельефа — с геоморфологической карты. Единицы легенды сгруппированы по типам почвенных комбинаций и формам рельефа, характеризующих геометрические формы комбинаций и их генезис (табл. 2; рис. S4).

Карта *Водный режим почв* основана на представлениях о типах водного режима Роде [37] и соответствующей группировке почв, исходя из почвенно-генетических концепций. На территории России 6 “классических” типов водного режима детализированы в форме 16 категорий (табл. 3). Так, промывной тип водного режима дифференцирован по скорости фильтрации, в зависимости от сложения почв и наличия мерзлоты в профиле; периодическое переувлажнение в почвах с промывным режимом разделяется на категории по продолжительности и источникам поступления избыточной влаги. В шести типах водного режима были введены категории, связанные с мерзлотой и

Таблица 2. Организация легенды карты “Структура почвенного покрова”

МИКРОСТРУКТУРЫ РАВНИН
Крио- и гидрогенные комплексы
Галогенные комплексы
МЕЗОСТРУКТУРЫ РАВНИН И ПЛАТО
Низкие аккумулятивные равнины
<i>Сочетания и вариации</i>
Возвышенные денудационные равнины
<i>Сочетания и мозаики</i>
Плато, плоскогорья и предгорья
<i>Сочетания-мозаики, выходы плотных пород</i>
Поймы крупных рек
<i>Сочетания и вариации</i>
МАКРОСТРУКТУРЫ ГОР
Спектры вертикальных поясов с участием мозаик и сочетаний, выходы плотных пород

Таблица 3. Легенда карты “Водный режим почв”

Промывной
– с провальной фильтрацией
– с умеренной фильтрацией
– надмерзлотно-промывной с интенсивной фильтрацией
– надмерзлотно-промывной с замедленной фильтрацией
Промывной с периодическим переувлажнением
– поверхностным кратковременным
– длительным глубинным
– длительным надмерзлотным
– флювиальный
Периодически промывной
– с кратковременным иссушением
Непромывной
– с кратковременным иссушением
– с продолжительным иссушением
Непромывной с временным дополнительным увлажнением
– грунтово-водным
– мерзлотным
– пульсационный (периодически выпотной)
Водозастойный
– грунтово-водный
– надмерзлотный

переувлажнением, что существенно для территории России. Картографические единицы на карте водного режима получены путем объединения ареалов почв со сходными режимами (рис. S5).

Мерзлотные режимы почв представлены дифференцированно: для криолитозоны и территорий с зимним промерзанием почв. Соответствующим образом построена легенда карты, состоящая из двух частей: для территорий сплошного распространения многолетнемерзлых пород охарактеризованы процессами протаивания, а территории с сезонным промерзанием почв, напротив, – режимами промерзания. Были выбраны два показателя: продолжительность периода с положительной/от-

рицательной температурой почв в слое 0–20 см (по тем же соображениям, что и для карты теплового режима) и охват почвенного профиля процессами протаивания/промерзания (рис. 4).

При составлении были использованы криологические карты из Национального атласа России [30] и карты Экологического атласа [40]. Информация с этих карт интерпретируется в связи с представлениями о свойствах и режимах почв. Дополнительно на карте показаны проявления мерзлотных процессов в почвах: криотурбации, солифлюкция, мерзлотное трещинообразование, пучение (рис. S6).

Мерзлотные режимы почв

Почвы	Режимы протаивания			
	Период с положительной температурой в пределах слоя 0–20 см, мес.		Глубина протаивания почвенного профиля	
Мерзлотные	1	Короткий	<2	В пределах маломощного почвенного профиля
Длительно сезонномерзлые	2	Непродолжительный	2–4	Весь почвенный профиль
	3	Продолжительный	4–6	Весь почвенный профиль и глубже
Режимы промерзания				
	Период с отрицательной температурой в пределах слоя 0–20 см, мес.			Глубина промерзания почвенного профиля
Сезонномерзлые	4	Длительный	6–8	Весь почвенный профиль и глубже
	5	Продолжительный	4–6	Весь почвенный профиль
Непродолжительно сезонномерзлые	6	Непродолжительный	2–4	Верхняя и средняя части почвенного профиля
Кратковременно промерзающие	7	Короткий	<2	Верхняя часть почвенного профиля
8	Непромерзающие			

Рис. 4. Легенда карты “Мерзлотные режимы почв”.

Физико-химические условия водной миграции и аккумуляции веществ в почвах показаны на *Почвенно-геохимической карте* (рис. 5). В Экологическом атласе она выполняет функцию представления возможностей миграции, трансформации и аккумуляции веществ, в том числе техногенных, в почвах: карта отражает общие универсальные закономерности пространственного варьирования условий, определяющих поведение различных химических элементов и их соединений.

Содержание карты разработано методом целенаправленной интерпретации свойств почв с позиций основных теоретических положений геохимии ландшафтов [4, 13, 16, 33]. Ведущими универсальными факторами, определяющими миграционную способность веществ в почвах, являются водный режим, окислительно-восстановительные и кислотно-основные условия. Сочетания этих обстановок осложняются другими свойствами почв, среди которых существенное значение для миграции веществ имеет проницаемость почв, с одной стороны, и их сорбционные свойства с другой; которые оцениваются по гранулометрическому составу и содержанию гумуса. При составлении использовалась информация с почвенной карты и общие представления о физико-химических свойствах почв (рис. S7).

Миграция веществ в почвах осложняются наличием в радиальном профиле почв геохимических

барьеров [18, 33]. Геохимические барьеры и их сочетания в почвах контролируют состав и интенсивность геохимических потоков природных и техногенных веществ, они влияют на устойчивость почв к различным видам техногенных воздействий. Методологической основой картографирования барьеров служит идея целенаправленной интерпретации генетических горизонтов почвенного профиля как системы радиальных геохимических барьеров [5, 18, 19]. Различают поверхностные барьеры в верхней части профиля и внутрпочвенные.

Поверхностные биогеохимические барьеры имеют особенно важное экологическое значение, поскольку они в первую очередь аккумулируют поллютанты, поступающие на поверхность почвы. Биогеохимические барьеры делятся на органические (торф, лесные подстилки и степной войлок, торфяно-подстилочный и перегнойный горизонты) и органо-минеральные (гумусовые горизонты) (рис. 6). Они различаются емкостью, то есть способностью удерживать то или иное количество химических элементов и соединений. Группировка барьеров для легенды карты произведена экспертным путем на основании комплекса почвенных свойств. В легенде карты выделено 10 вариантов поверхностных биогеохимических барьеров (рис. S8a).

Внутрпочвенные барьеры более разнообразны по механизмам функционирования. По факторам аккумуляции барьеры разделяются на физико-

Условия радиальной миграции и аккумуляции

Гранулометрический состав	Содержание органического вещества	Водный режим											
		Промывной			Промывной с временным переувлажнением		Периодически промывной	Непромывной		Непромывной с временным дополнительным увлажнением		Водозастойный	
		Окислительно-восстановительный режим											
		Окислительный			Переменный окислительно-восстановительный		Окислительный			Переменный окислительно-восстановительный		Восстановительный	
		Кислотно-основные условия											
<4.5	4.5–6.5	6.0–7.5	4.5–6.5	6.0–7.5	6.0–7.5	6.0–7.5	7.5–8.5	6.0–7.5	7.5–9.0	<4.5	4.5–6.5		
Тяжелый	Высокое						21			31			
	Среднее	3			14		22						
Средний	Высокое			10	15		23	27	28			35	
	Среднее	4		11	16		24		29				
	Низкое	5			17	20					33		
Легкий	Среднее		6		18								
	Низкое	1	7		19		25		30				
Щебнистый	Высокое	2					26						
	Среднее		8		12								
	Низкое		9		13						32		
Торф											34	36	

Рис. 5. Легенда “Почвенно-геохимической карты”.

химические и механические (рис. 6). Физико-химические барьеры включают: сорбционный, карбонатный, содовый, испарительный, глеевый. Наиболее экологически эффективны и универсальны сорбционные барьеры, которые в зависимости от преобладающих механизмов сорбции могут быть сорбционно-седиментационными и хемо-сорбционными [18]. В профиле почв они соответствуют срединным горизонтам: текстурным и метаморфическим в первом случае и альфегумусовым во втором. Далее барьеры подразделяются на три группы по емкости, оцениваемой по гранулометрическому и химическому составу горизонтов и их мощности. В качестве механических барьеров выступают контакты литологических слоев, многолетнемерзлые и плотные породы (рис. S8b).

К новым по содержанию картам относится карта *Почвенных и ландшафтно-геохимических процессов* (рис. 7). Ее можно рассматривать как иллюстрацию механизмов формирования явлений, представленных на трех предыдущих картах. Карта процессов представляет собой “карту-концепцию”, созданную экспертным путем на основе ба-

зовых положений геохимии ландшафтов и теории элементарных почвенных процессов [12, 17, 33, 41].

В табличной легенде карты почвенные и ландшафтно-геохимические процессы представлены в единой системе. Они сгруппированы в пять крупных блоков по соотношению аккумуляции, миграции, трансформации веществ и турбаций твердофазного материала. Среди аккумулятивных процессов в качестве универсальных приняты образование и накопление гумуса и детрита. Трансформационные процессы специфичны, некоторые сопровождаются миграцией и выносом веществ из элювиальных ландшафтов в аккумулятивные. К инситу процессам отнесены оглеение, разные виды выветривания. Миграционные процессы в сочетаниях с трансформационными и аккумулятивными определяются биоклиматическим потенциалом миграции. Турбационные процессы включают крио- и зоотурбации.

На фоне основного содержания карты штриховым фоном показаны механизмы перераспределения вещества в ландшафтах, прежде всего в катенах, то есть процессы водной и механической миграции;



Рис. 6. Легенды карт геохимических барьеров: А – поверхностных; Б – внутрипочвенных.

последние подразделяются на делювиальные, обвално-осыпные, криогенные и эоловые.

Единицы легенды карты представляют собой ареалы определенных сочетаний процессов, а сами процессы идентифицированы в почвах, выделенных на базовой почвенной карте (рис. S9).

В России и в мире составлялись карты деградации почв, основанные на разных принципах, способах оценки и определений самого явления. Однако общим элементом многих карт было вынесение в легенду и/или на карту факторов деградации почв; сами проявления деградации оценивались различными способами и с разных позиций [20, 48, 57].

Одна из задач введения карты *Деградация почв* в Экологический атлас заключается в создании адекватных представлений о почвенном покрове страны, поскольку на традиционных мелкомасштабных почвенных картах антропогенно нарушенные почвы обычно отсутствуют. Это связано с определенными проблемами: трудностями выявления ареалов измененных почв, сложной комбинацией антропогенных воздействий, динамичностью новых свойств и процессов [10]. Вместе

с тем пространственная картина деградационных процессов в почвах представляет значительный интерес для оценки экологического состояния почвенного покрова.

Напомним, что на базовой карте в атласе показаны только агропочвы. Исходя из многообразия факторов деградации, на карте Деградация почв показаны комбинации деградационных процессов в почвах, сгруппированные по семи очень обобщенным видам воздействий (рис. 8). Первые три вида, связанные с сельским хозяйством: традиционное земледелие, орошаемое земледелие и пастбищное скотоводство, характеризуются широким распространением, значительной продолжительностью и постоянством. Вырубки и пожары локальны, их ареалы непостоянны и меняются практически ежегодно, так что ими оказывается охваченной значительная площадь. Горнодобывающая промышленность и городские агломерации максимально трансформируют почвы, но ареалы их проявлений в мелком масштабе локальны. В зависимости от видов воздействия и свойств природных почв результаты оказываются разнообразными, часто они образуют сложные динамичные сочетания.

Почвенные и ландшафтно-геохимические процессы

Сочетания процессов	Трансформационно-аккумулятивные		Миграционно-аккумулятивные				Трансформационно-миграционные		Трансформационные			Турбационные	
			Вынос и накопление		Перераспределение и накопление		Кислотный гидролиз силикатов	Растворение и вынос карбонатов	Оглеение	Внутри-почвенное выветривание и глинообразование	Дезинтеграция горных пород	Криотурбации	Зоотурбации
	Образование и накопление гумуса	Накопление детрита	Тонких частиц (лессиваж)	Al-Fe-гумусовых соединений	Карбонатов	Гипса и солей							
1	●	○	●				●		●			○	
2	●		●				●		○				
3	●		●							○			●
4	●	○		●							●		
5		●		●								○	
6	●	●		●					●				
7	●			●									
8	●				●							●	
9	●				●								●
10	●				●				●				
11	○				●	●							
12	●				●	○							●
13	○	●							●			●	
14	○	●							●				
15	○	○									●	○	
16	●									●	●		
17	●						●			●	●		
18	●							●			●		
19	●			○							●		
20												●	
21		●										○	

- Процессы проявляются локально или периодически
 - Постоянные процессы
 - 22 Накопление аллювия в сочетании с гумусонакоплением и оглеением
- Процессы перераспределения вещества в ландшафтах
- механической миграции:
 - ▨ делювиальные
 - ▧ обвальнo-осыпные
 - ▧+ криогенные
 - ▧ эоловые
 - водной миграции:
 - ▨ Вызоды пород
 - ▨ Незакрепленные пески
 - ▨ Ледники

Рис. 7. Легенда карты “Почвенные и ландшафтно-геохимические процессы”.

Сочетания деградационных процессов являются основным содержанием карты, и по ним формируются единицы легенды. Набор деградационных процессов зависит от вида воздействия, свойств исходных почв и ответных реакций, и он в общем виде хорошо известен по многим литературным и картографическим материалам. Одним из источников информации при разработке содержания карты была монография [20]. Ареалы вырубок и пожаров определялись по соответствующим картам в Экологическом атласе, составленным по космическим снимкам (рис. S10).

Карта *Экологические функции почв* является первым обращением к картографированию функций почв, несмотря на интерес к этому вопросу в России и в мире [48, 51, 52]. Первый опыт систематизации экологических функций почв принадлежит Добровольскому и Никитину [22]. Следуя предложенной ими группировке, на карте представлены 11 ведущих экологических функций, объединен-

ных в четыре глобальные: ресурсные, биоценотические, средоохранные и геосферные [9] (рис. 9).

Все почвы выполняют почти все экологические функции, но в разных почвах соотношение функций и полнота их осуществления сильно варьируют в зависимости от свойств, процессов и режимов почв, комбинаций лимитирующих факторов и других обстоятельств. Поскольку карта является оригинальной, и методики составления подобных карт отсутствуют, остановимся подробнее на ее содержании. Был выбран путь интерпретации свойств и режимов почв и экспертной оценки функционирования почв в условных баллах (по трем градациям) в зависимости от эффективности выполнения каждой почвой тех или иных функций. Эффективность определялась экспертно по свойствам и режимам почв, почвенным процессам для каждой почвы – единицы легенды базовой карты. Дополнительно введена категория “периодическое функционирование”. Примером по-

Деградация почв

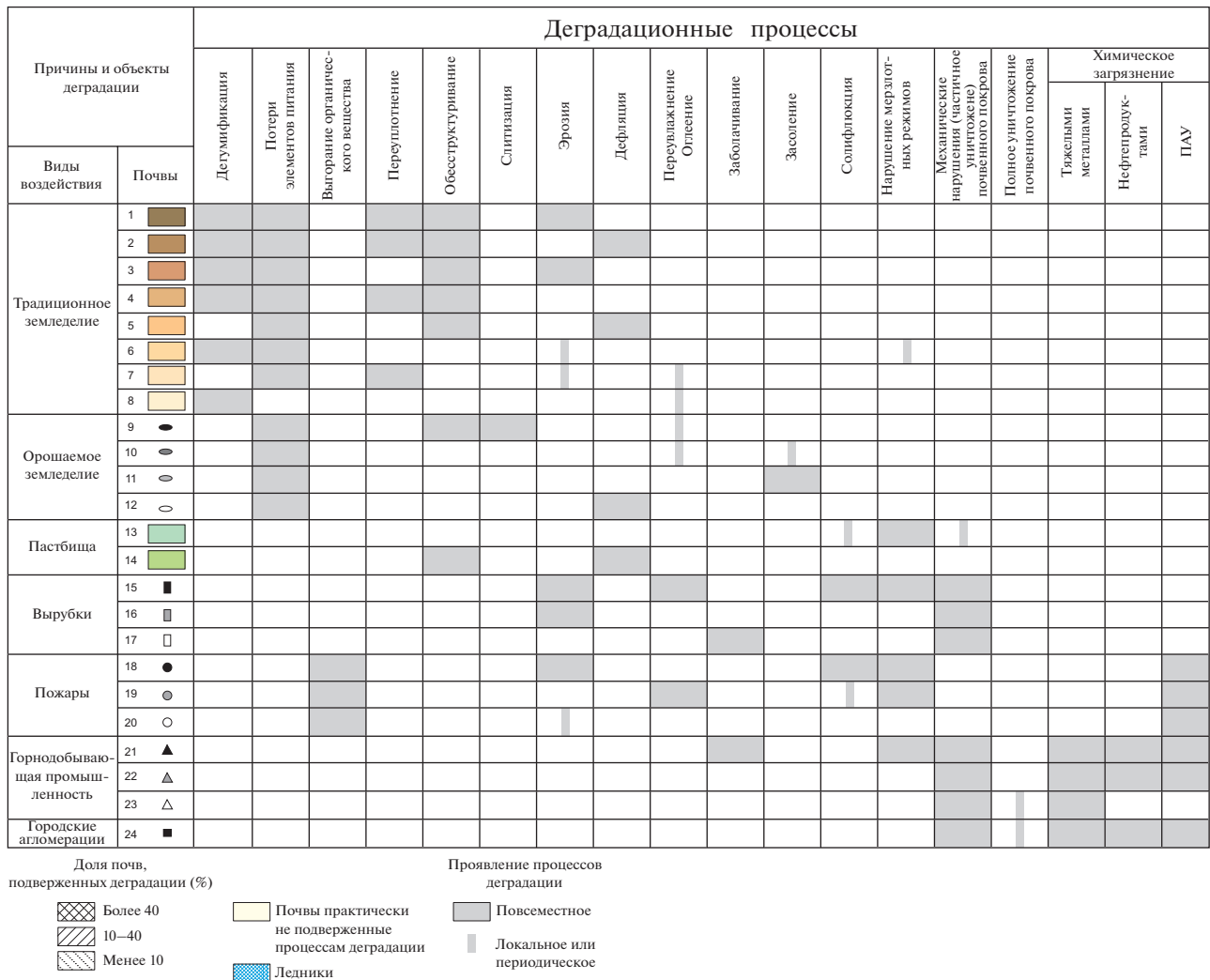


Рис. 8. Легенда карты “Деградация почв”.

следнего может служить функционирование бурых аридных почв, где оно происходит только в короткие периоды увлажнения. В некоторых случаях оценка тех или иных функций не проводилась, например, в переувлажненных почвах не определялась доступная влага, в бурых аридных почвах, напротив, не имело смысла рассматривать вклад почв в формирование химического состава поверхностных вод.

Таким образом, на качественном уровне оценивались возможности осуществления почвой каждой экологической функции. В результате легенда карты содержит 20 единиц, представляющих собой группы почв, различающиеся интегральной интенсивностью функционирования и набором выполняемых функций.

К группе многофункциональных почв относятся почвы с высоким содержанием гумуса, полно-развитым профилем и широким спектром свойств:

черноземы, черноземы квисиглеевые, гумусово-квисиглеевые, серые, буроземы, аллювиальные. К малофункциональным относятся почвы с низким содержанием гумуса, часто с укороченным и/или щебнистым профилем, обладающие рядом неблагоприятных особенностей. Интенсивность их функционирования можно считать низкой. Группа включает литоземы, подзолы, солонцы. В переходную группу входят почвы “среднего качества”, без ярко выраженных ограничений функционирования. Они включают дерново-подзолистые, каштановые, некоторые горные почвы, вулканические. Часто экологические функции почв проявляются только в отношении отдельных явлений. Например, торфяные почвы, отличаясь малым запасом элементов питания, неблагоприятными биотическими условиями, получили высокие баллы в отношении сорбции и защиты грунтовых вод, поглощения и аккумуляции диоксида углерода.

Экологические функции почв

Интегральная интенсивность функционирования почв	Группы почв	Группы функций											
		Ресурсные			Биогеоэкологические		Средоохраняющие			Геосферные			
		Энергетические ресурсы	Элементы питания	Влагообеспеченность	Условия определяющие		Жизненное пространство для растений и педобионтов	Деструкция и преобразование органических остатков	Сорбция и трансформация загрязнителей, защита грунтовых вод	Влияние на содержание диоксида углерода в атмосфере		Влияние на химический состав поверхностных и грунтовых вод	
					Биологический круговорот	Биоразнообразие				Выделение	Поглощение и аккумуляция		
Высокая	1	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++
	2	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++
	3	++	++	+++	+++	+++	+++	++	+++	++	++	++	+++
	4	++	++	+++	+++	+++	+	+++	++	++	++	++	+++
	5	+++	++	+	++	++	+++	++	++	++	++	++	+
	6	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	++	++	++	++	+++
Умеренная	7	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	8	+	+++	++	++	++	++	+	++	++	++	+	+++
	9	+	+	+++	++	++	+++	+	++	++	++	+	+++
	10	++	++	+++	++	++	+	++	++	++	++	++	++
	11	++	++	+++	++	++	+	++	++	++	++	++	++
	12	+	+	++	++	+	++	+	++	++	++	++	+++
	13	++	+		+	+	+	(+)	+++	+	+++	+++	+++
Низкая	14	+	+	++	++	+	++	+	+	+	+	+	+++
	15	+	+	++	++	++	+	+	++	+	+	+	++
	16	+	+	++	+	+	+	+	+	+	++	++	++
	17	+	+	+	++	++	+	+	+	+	+	+	+
	18	+	(+)	(+)	+	+	++	+	(+)	+	+		
	19	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	20	+	+	+	+	+	+	+	(+)	+	+	+	+

Проявление отдельных экологических функций

- +++ Интенсивное
- ++ Умеренное
- + Слабое
- (+) Периодическое

Трансформация природных функций в результате антропогенных воздействий

Лимитирующие факторы

- Избыточное увлажнение
- Недостаточное увлажнение
- Низкие температуры и мерзлота
- Засоление
- Малая мощность и каменистость профиля
- Выходы пород
- Незакрепленные пески
- Ледники

Рис. 9. Легенда карты “Экологические функции почв”.

Дополнительно на карте представлены лимитирующие факторы – ярко выраженные негативные свойства окружающей среды, ограничивающие функционирование почв: избыточное или недостаточное увлажнение, низкие температуры и мерзлота, засоление, малая мощность и каменистость почвенного профиля. Анализ экологических функций почв проводился для естественных почв, не подверженных антропогенным воздействиям, которые неизбежно модифицируют функционирование почв. Поэтому для более адекватного отражения реальной ситуации на карте показаны ареалы пахотных почв с существенно измененными функциями (рис. S11).

Ряд интерпретационных карт завершается четырьмя картами более конкретного содержания: *Эколого-геохимической устойчивости почв к за-*

грязнению нефтью и нефтепродуктами, свинцом, селеном и цезием-137. Выбраны приоритетные загрязнители с существенно различными свойствами и миграционной способностью с одной стороны, и с различными источниками поступления в ландшафты – с другой. Содержание карт сформировано путем интеграции сведений по геохимии загрязняющих веществ и экспертной оценки факторов эколого-геохимической устойчивости почв к конкретным загрязнителям, знания ответных реакций почв. На этом основании разрабатывается прогноз поведения конкретных элементов и соединений и выявляются риски загрязнения почв. При оценке устойчивости почв рассматривались миграционная способность загрязнителей, их аккумуляция на геохимических барьерах, факторы рассеяния и трансформации, а

Эколого-геохимическая устойчивость почв		Селен в почвах и ландшафтах			Последствия при техногенном поступлении в ландшафты
		Миграционная способность (водная)	Аккумуляция на геохимических барьерах	Вовлечение в биологический круговорот (доступность для растений)	
Высокая	1	Очень низкая	Мерзлотном	Очень слабое	Слабое накопление в верхних горизонтах почв, возможно механическое перемещение
	2		Мерзлотном, глеевом		
	3	Низкая	Мерзлотном, глеевом	Слабое	
	4		Сорбционном, глеевом		
	5		Биогеохимическом, сорбционном		
Средняя	6	Средняя	Мерзлотном, карбонатном	Слабое	Накопление и перераспределение в почвах и ландшафтах
	7		Биогеохимическом, сорбционном, карбонатном	Среднее	
Низкая	8	Высокая	Биогеохимическом, сорбционном, карбонатном, испарительном	Высокое и очень высокое	Сильное загрязнение почв, растительности (в т.ч. кормов), поверхностных и грунтовых вод, донных отложений; высокая опасность возникновения техногенных аномалий и развития эндемичных заболеваний живых организмов
	9	Очень высокая	Сорбционном, испарительном, сульфидном		

Природные биогеохимические провинции с эндемичными заболеваниями, связанными

● с избытком селена (селеновый токсикоз)

● с недостатком селена (беломышечная болезнь)

■ Ледники

Рис. 10. Легенда карты “Селен в почвах”.

также интенсивность вовлечения в биологический круговорот [11, 16].

В легенде карты *Устойчивость почв к загрязнению нефтью* представлены экспертные оценки устойчивости: низкая, средняя, высокая. Они основаны на интерпретации не столько свойств почв, сколько климатических и других факторов, влияющих на поведение органических углеводов в ландшафтах [6].

Прогноз последствий техногенного поступления в почвы неорганических загрязнителей (*свинца, селена, стронция*) оценивается на основании литературных материалов [14–16, 26, 32], информации с почвенной карты и ряда производных карт атласа: почвенно-геохимической, геохимических барьеров. Результаты интерпретации и оценки даны в легендах в категориях прогноза: интенсивное выщелачивание, преимущественное накопление, высокая опасность возникновения техногенных аномалий и развития эндемичных заболеваний и др. В качестве примера приведем карту опасности загрязнения почв селеном (рис. 10; рис. S12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разнообразие свойств почв обширных территорий отражено с большей или меньшей степенью подробности в комплексных и тематических атласах, в том числе почвенных и экологических. В обоих изданиях Экологического атласа России 2002 и 2017 гг. имеется большой набор карт поч-

венной тематики; содержание и система контуров которых связаны с базовой почвенной картой. Во втором издании Экологического атласа массив таких карт распределен между четырьмя разделами, дополняя или обосновывая условия формирования экологической обстановки и ее современного состояния.

По методике составления карты почвенной направленности в новом Экологическом атласе являются фактологическими и интерпретационными. Мелкий масштаб карт и концепция атласа определяют значительную долю экспертных оценок при разработке содержания карт. Значительный объем разнообразной информации, выносимой на карты, потребовал использования легенд табличного типа.

Большая часть карт входит в раздел атласа, посвященный условиям формирования экологической обстановки; это карты гидротермических режимов, гумусного состояния почв, геохимических барьеров. Некоторые карты имеют аналоги в других атласах, в том числе почвенных атласах России и Азербайджана, но отличаются от них интегральным представлением отдельных характеристик объектов и экологической направленностью. Несколько карт оригинальны по тематике, методам составления и содержанию, например карты, Почвенных и ландшафтно-геохимических процессов, Красной Книги почв, Экологических функций почв.

Составление мелкомасштабных атласных карт отдельных почвенных характеристик и их комбинаций, создающие новое качество, а также экологически ориентированная интерпретация свойств почв иллюстрируют высокую информационную емкость почвенного покрова и его компонентов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Рис. S1. Карта “Гумус в почвах”.
 Рис. S2. Карта “Тепловой режим почв”.
 Рис. S3. Карта “Красная книга почв”.
 Рис. S4. Карта “Структура почвенного покрова”.
 Рис. S5. Карта “Водный режим почв”.
 Рис. S6. Карта “Мерзлотные режимы почв”.
 Рис. S7. Карта “Почвенно-геохимическая карта”.
 Рис. S8a. Карта “Поверхностные геохимические барьеры”.
 Рис. S8b. Карта “Внутрипочвенные геохимические барьеры”.
 Рис. S9. Карта “Почвенные и ландшафтные геохимические процессы”.
 Рис. S10. Карта “Деградация почв”.
 Рис. S11. Карта “Экологические функции почв”.
 Рис. S12. Карта “Селен в почвах”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананко Т.В., Соколов И.А., Конюшков Д.Е., Градусов Б.П.* Система почвенных карт: опыт применения принципов поликомпонентной классификации почв // Почвоведение. 1998. № 5. С. 620–631.
2. *Бирюкова О.Н., Орлов Д.С.* Содержание и состав гумуса в основных типах почв России // Почвоведение. 2004. № 2. С. 171–188.
3. *Богданова М.Д., Герасимова М.И.* Карты почвенной тематики в отечественных комплексных и специальных атласах с середины XX в. и до нашего времени // Проблемы истории, методологии и социологии почвоведения. Пушино, 2017. С. 74–76.
4. *Богданова М.Д., Гаврилова И.П., Герасимова М.И.* Мелкомасштабное почвенно-геохимическое картографирование. М.: АПР, 2008. 168 с.
5. *Гаврилова И.П., Богданова М.Д.* Пространственная дифференциация радиальных геохимических барьеров в почвах России // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, география. 2000. № 1. С. 29–37.
6. *Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И.* Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: метод и опыт составления // Почвоведение. 2007. № 1. С. 80–92.
7. *Герасимова М.И., Богданова М.Д.* Почвы в национальных атласах разных стран // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1036–1048.
8. *Герасимова М.И., Богданова М.Д., Никитин Е.Д.* Географо-генетические аспекты “Красной книги почв России” // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2014. № 2. С. 3–8.
9. *Герасимова М.И., Богданова М.Д., Никитин Е.Д.* Экологические функции почв: современные представления и картографирование // Экологическое почвоведение: проблемы становления, методы и результаты исследований, вызовы современности. К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского. М.: ГЕОС, 2015. С. 48–58.
10. *Герасимова М.И., Караваева Н.А., Таргульян В.О.* Деградация почв: методология и возможности картографирования // Почвоведение. 2000. № 3. С. 358–365.
11. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., 2007. 350 с.
12. *Глазовская М.А.* Природные ландшафтно-геохимические процессы и их проявление на территории СССР // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5, география. 1988. № 5. С. 3–9.
13. *Глазовская М.А.* Почвенно-геохимическое картографирование для оценки экологической устойчивости среды // Почвоведение. 1992. № 6. С. 5–14.
14. *Глазовская М.А.* Критерии классификации почв по опасности загрязнения свинцом // Почвоведение. 1994. № 4. С. 110–120.
15. *Глазовская М.А.* Глобальное рассеяние природного и техногенного селена и его накопление в почвах России // Почвоведение. 1995. № 10. С. 1215–1225.
16. *Глазовская М.А.* Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 102 с.
17. *Глазовская М.А.* От элементарных почвообразовательных ландшафтно-геохимическим процессам // Чтения памяти академика И.П. Герасимова. М.: Наука, 1999. Вып. 2. С. 4–28.
18. *Глазовская М.А.* Геохимические барьеры в почвах равнин, их типология, функциональные особенности и экологическое значение // Геохимия ландшафтов и география почв. К 100-летию М.А. Глазовской. М.: АПР, 2012. С. 26–44.
19. *Глазовская М.А., Богданова М.Д.* Почвенные горизонты как геохимические барьеры // Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. С. 248–249.
20. Деградация и охрана почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 655 с.
21. *Димо В.Н.* Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 360 с.
22. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Экологические функции почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 137 с.
23. *Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* География почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 458 с.
24. Карта почвенно-географического районирования СССР. Масштаб 1 : 8 млн (Авторы: Добровольский Г.В., Урусевская И.С., Розов Н.Н.). М.: ГУГК, 1983.
25. *Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Экологический атлас России: новый проект // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Мат-лы Межд. науч. конф. Барнаул: ИВЭП, 2011. С. 277–282.
26. *Квасникова Е.В.* Антропогенные радионуклиды и их картографирование в ландшафтах. Дис. ... докт. геогр. н. М., 2002. 270 с.
27. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.

28. Красная книга почв России / Под ред. Г.В. Добровольского, Е.Д. Никитина. М.: МАКС-Пресс, 2009. 575 с.
29. Национальный Атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с.
30. Национальный Атлас России. М.: Роскартография. Т. 1. 2004; Т. 2. 2007.
31. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
32. Павловская Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почве. М.: Атомиздат, 1974. С. 216.
33. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель, 1999. 763 с.
34. Почвенная карта мира. Масштаб 1 : 15 млн (Авторы: Глазовская М.А., Фридланд В.М.). М.: ГУГК, 1982.
35. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1 : 2.5 млн / Под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988.
36. Почвенно-мелиоративная карта Нечерноземной зоны РСФСР / Под ред. Ф.Р. Зайделямана. М.: ГУГК, 1984.
37. Роде А.А. Избр. тр. Проблемы гидрологии почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. Т. 4. 598 с.
38. Стурман В.И. Экологическое картографирование. Ижевск, 2000. 153 с.
39. Экологический атлас России. Санкт-Петербург: КАРТА, 2002. 128 с.
40. Экологический атлас России. М.: Феория, 2017. 510 с.
41. Элементарные почвообразовательные процессы: опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. М.: Наука, 1992. 184 с.
42. Январева Л.Ф. Табличные легенды тематических карт – форма организации географической информации // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, география. 2008. № 1. С. 32–39.
43. Январева Л.Ф., Кожухарь А.Ю. Согласование карт в комплексном электронном картографировании // Взаимодействие картографии и геоинформатики. М.: Научный мир, 2000. С. 96–103.
44. Atlas de suelos de America Latina y el Caribe. Union Europea, 2014. 176 p.
45. Azerbaijan Respublicasi. Torpaq Atlasi. Почвенный атлас Азербайджана. Baku, 2007. 127 p.
46. Encyclopedia of Soil Science / Ed. Lal R. 2002. 1476 p.
47. FAO/UNESCO Soil Map of the World at 1 : 5000 000. Paris: Unesco, 1971–1975.
48. FAO and ITPS. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, 2015. 608 p.
49. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report No. 106. FAO, Rome, 2015. 192 p.
50. Khokhlov S., Gerasimova M., Konyushkov D., Bogdanova M. Interactive Soil Map of Russia // 20th World Congress of Soil Science, June 8–13, 2014, Jeju, Korea, Symp. C4.4-1. Education and Social Awareness for Soil Science in General Public, P3-499.
51. McBratney A., Field D.J., Koch A. The dimensions of soil security // Geoderma. 2014. V. 213. P. 203–213.
52. Poggio L., Batjes N.H., Leeuw J., Gerard B.M. Challenges for soil functions assessment and mapping at continental scale and some preliminary results // Geophysical Research Abstracts. V. 21. EGU General Assembly, 2019.
53. Soil Atlas of Africa. European Union, 2013. 176 p.
54. Soil Atlas of Europe. European Union, 2005. 128 p.
55. Soil Atlas of the northern circumpolar region. European Union, 2010.
56. Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. USDA National Resources Conservation Services, Washington DC. 869 p.
57. World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation. UNEP/ISRIC. Nairobi, 1990.

Soil Maps in the New Ecological Atlas of Russia

M. D. Bogdanova^{1,*} and M. I. Gerasimova^{1,2,**}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia

²Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 117047 Russia

*e-mail: md-bogdanova@yandex.ru

**e-mail: maria.i.gerasimova@gmail.com

A series of maps in the second edition of the Ecological Atlas (2017) characterizes several aspects of the ecological situation in Russia and prerequisites of its formation; the maps were derived from the soil map and other thematic maps. In terms of the methods of their compilation, the maps may be grouped into factual and interpretational, the former being directly based on cartographic and analytical data, while the latter being compiled by means of targeted interpretation of information obtained from other maps (primarily, from the soil map). This information concerns soil profiles and particular properties of soil units in the legend of the basic soil map, which is also included in the atlas. The experience in compilation of the series of maps in the atlas allowed us to introduce new elements in the methodology of creating interpretational maps, which is being developed within the framework of the soil-landscape-geochemical approach suggested by M.A. Glazovskaya. The innovative maps in the series are the following: “Ecological functions of soils,” “Red Data Soil Book,” and “Soil- and Landscape-Geochemical Processes.” As compared with the “National Soil Atlas of Russia”, the set of soil maps and their contents are rather different owing to the ecological orientation of the atlas.

Keywords: methodology of mapping, interpretational maps, soil information, functions of soils