

## О МЕТОДИКЕ И ПРОБЛЕМАХ СОСТАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГО-ПОЧВЕННЫХ КАРТ

©2017 С.А. Сладкопеев, С.Л. Дроздов

*Московский государственный университет геодезии и картографии, Россия*

*strausova41@mail.ru, sdrozdov53@mail.ru*

**Аннотация.** Представлены соображения о методике и проблемах составления эколого-почвенных карт. Рассмотрены подходы к оценке экологических функций почв. Оценивается роль трофических цепей и фактора самоочищения почв. Рассмотрены недостатки оценки загрязнения почв, условность использования фоновых показателей. Сложность оценки загрязнения обусловлена разнородностью показателей и их малыми связями друг с другом. В связи с затруднениями расчётов ПДК отсутствуют полноценные модели экологических оценок почв. Подчёркивается, что оценки нарушенности почв имеют в основном экономическое значение. Слабо учитывается влияние регионального фактора. Приводятся данные о соотношении почвенных карт разной экологической направленности. Дается оценка условий миграции соединений в почвах. Представлена технологическая схема оценок экологического значения почв с рассмотрением проблем каждого этапа технологической схемы. Рассмотрены возможности создания регионального, отраслевого и масштабного рядов эколого-почвенных карт

**Ключевые слова:** почвы, загрязнение, нарушенность почв, экологические оценки, картографирование, проблемы

## METHODS OF CREATING ECOLOGICAL AND SOIL MAPS. PROBLEMS IN MAP CREATING

©2017 Sladkopevtsev S., Drozdov S.

*Moscow State University of Geodesy and Cartography, Russia*

*strausova41@mail.ru, sdrozdov53@mail.ru*

**Abstract.** method and problems of composition of ecological and soil maps is observed. It is dealt with scientific approaches to evaluation of ecological functions of soil. The meanings of food chain and factor of self-purification of soils are appraised. Some defects of soiling and using some of background indicators is very relative are examined. Due to the fact that there are some differences of science indicators and they have weak connection with each other it seems complicated to appraise soiling. Ecological assessment frameworks do not exist because of some difficulties of calculations of maximum allowable concentration. It is stressed that assessments of disturbance of soils mainly have economic value. The influence of regional factor takes into account very poor. Data are given about the correlation of soil maps of different ecological focus. It's given the conditions of migration of compounds in soils. The technological scheme to assess of ecological values of soils with the consideration of problems of each stage of the technological scheme is presented. It's dealt with possibility to create regional, sectorial and global series of ecological and soil maps.

**Keywords:** soils, soiling, disturbance of soils, ecological appreciations, map-making, science problems

Т а б л и ц а 1

**Загрязнение почв как критерий геоэкологических обстановок высокого напряжения**

Острота, напряженность РГО	Показатели и значения загрязнения почв
Загрязнение пестицидами: критическая кризисная катастрофическая	сильное (5–10) очень сильное (10–20) чрезвычайно сильное (более 20)
Суммарный индекс пестицидной нагрузки: высокая очень высокая	600–1000 1000–1200
Загрязнение почв ТМ относительно среднего по республике: напряженная тревожная тяжелая	1,01–1,1 1,11–1,2 более 1,2
Модуль пестицидного давления (кг/га): напряженная критическая	5,0–10,0 более 10,0
Для всех категорий напряженности РГО	медь 30–60 и 60–100 мг/кг цинк – более 70 мг/кг никель – более 20 мг/кг

Почвы, так же как и другие компоненты природной среды, имеют важное и разнообразное экологическое значение. Влияние почв на условия жизнедеятельности и здоровье человека — косвенное или опосредованное, передающееся через воздушную среду, поверхностные или подземные воды или через животные или растительные продукты питания.

Экологические функции почв могут оцениваться на трёх следующих уровнях:

путём оценки отдельных параметров загрязнения или нарушенности почв. Например, концентрации отдельных видов тяжёлых металлов или пестицидов, процента сокращения величины гумусового горизонта или потери плодородия в процентах от потенциального;

путём оценки интегрального состояния почв на компонентном уровне с учётом влияния всех видов воздействия;

путём оценки роли почвы как составляющей в интегральных состояниях экологических систем при районировании территорий по напряжённости экологических обстановок.

Т а б л и ц а 2

**Нарушенность почв и растительности как критерий геоэкологических обстановок высокого напряжения**

Острота, напряженность РГО	Показатели и значения нарушенности почв и растительности
Среднегодовая величина смыва (га/год)	
Напряженная	10–20
Критическая	20–50
Продуктивность пастбищ в % от потенциальной	
Критическая	30–60
Кризисная	5–30
Катастрофическая	менее 5
Тяжелая	Эродированные почвы 15–30%, эрозионный смыв от 3 до 10 тонн/га/год, дефляция 10–20 тонн/га/год Эродированные почвы 30–50%, эрозионный смыв до 10 и более тонн/га/год, дефляция – более 20 га/год
Кризисная	Сильная деградация кормовых угодий. Сильно измененные коренные леса при лесистости до 30%, преобладание вторичных лесов при лесистости 30–60%
Водная и ветровая эрозия	
Напряженная	Сильные
Критическая	Очень сильные
Продуктивность пастбищ в % от потенциальной	
Напряженная	15–30
Критическая	менее 15
	Площадь коренных ассоциаций 20–30% Уменьшение индекса биоразнообразия на 25–50% Продуктивное покрытие пастбищ в % от нормы – 25–50% Продуктивность пастбищ в % от потенциальной 10–30%
Кризисная	Плодородие почв в % от потенциального – 65–25% Содержание гумуса в % от первоначального – 30–70% Смывотность почвенного профиля – 30–50%
Катастрофическая	Значения перечисленных показателей соответственно <10, >50, <10, <5, <25, <30, >50

В любом случае оценка должна начинаться с определения количественного значения того или иного показателя и сравнения этих значений с нормативными. В настоящее время существуют многочисленные показатели загрязнения и нарушенности почв, используемые в качестве критериев напряженности экологических обстановок (табл. 1–3). К сожалению, большинство этих показателей неоднозначны и не имеют строгой привязки к нормативам.

При оценках антропогенного воздействия на почвы и далее на растения, животных и человека в полной мере проявляется накопительный эффект трофических сетей, и требуется расчёт ПДК в каждом звене цепи. При этом могут решаться две задачи. Первая заключается в определении таких концентраций загрязнителей, которые обеспечивают их ПДК в последующих звеньях и поэтому также могут рассматриваться как предельно-допустимые. При решении второй задачи к критическим относятся такие нагрузки, которые не ведут к накоплению загрязнителей. В этом случае соблюдается баланс загрязнения, когда поступление равно выщелачиванию. Способность почвы к самоочищению выступает здесь в качестве активного фактора баланса и позволяет прогнозировать экологические обстановки. Среди различных почв максимальные значения критических нагрузок характерны для кислых песчаных почв, а минимальные — для щелочных глинистых или карбонатных [1].

Непригодность оценок загрязнения почв относительно фона связана с тем, что различия между фоновым и допустимым валовым содержанием у разных веществ неодинаковы (табл. 4).

Например, для свинца всего в 2 раза, а для ртути в 20 раз. Вызывает недоумение ещё и то обстоятельство, что степени загрязнения, превышающие допустимые, при 2–5 ПДК относятся к слабым и при 5–10 ПДК к средним. Подобные оценки дискредитируют системы ПДК, относят их к ничему не значащим или намеренно умаляют их значения.

Интересны цифры нарастания опасности от допустимого до очень сильного загрязнения. Для ртути это всего 5, для меди 4, а для мышьяка 25. Подобные различия должны менять стратегию борьбы с загрязнением. Слабое

загрязнение ртутью неопасно, но далее опасность нарастает очень быстро. Для мышьяка фоновое содержание уже предельно-допустимое, но нарастание опасности идет медленно. Для первого случая важнее профилактика, а для второго — немедленное очищение. Проблемы оценки загрязнения почв сложны, поскольку для этого служат разные и малосвязанные друг с другом показатели, такие как:

- кратность по отношению к ПДК;
- содержание загрязнителей в мг/кг;
- кратность снижения активной микробной массы по сравнению с фоном;
- кратность снижения проростков по сравнению с фоном (оценка фитотоксичности);
- площади загрязнения в процентах от общей.

При расчётах почвенного загрязнения предлагаются определения следующих разновидностей ПДК: транслокационный (переход загрязнения в растения), миграционный воздушный, миграционный водный и общесанитарный (влияние загрязнения на микробиоценозы почвы). Проблемы с определением транслокационного ПДК связаны с тем, что загрязнение неодинаково влияет на разные виды

Т а б л и ц а 3  
Осредненные показатели средненизкой напряженности геоэкологических обстановок

Вид показателя	Значение показателя
Загрязнение атмосферы	Менее ПДК
Индекс загрязнения атмосферы	Менее 5
Суммарные выбросы в атмосферу, тыс./год	1,0–4,0
Потенциал загрязнения атмосферы	2,0–3,0
Индекс загрязнения атмосферы	5,0–10,0
Загрязнение пестицидами	Менее 5,0
Суммарный индекс пестицидной нагрузки	Менее 600
Модуль пестицидного давления, кг/га	1–5
Среднегодовой смыв почв, га/год	5–10
Продуктивность пастбищ, % от потенциальной	70–80
Доля эродированных почв, %	5–15
Эрозионный смыв, га/год	2–7
Дефляция, га/год	3–10
Площади коренных ассоциаций, %	40–60
Уменьшение индекса биоразнообразия, %	10–20
Проективное покрытие пастбищ, % от нормы	60–70
Продуктивность пастбищ, % от потенциальной	60–70
Плодородие почв, % от потенциального	65–85
Содержание гумуса, % от первоначального	70–90

**Загрязнение земель химическими веществами**

Химическое вещество (элемент)	Сф – фоновое содержание в почве, мг/кг	Спдк – допустимое валовое содержание, мг/кг	С- фактическое содержание химического вещества в почве, мг/кг, соответствующее нижеуказанной степени загрязнения				
			Допустимое	Слабое	Среднее	Сильное	Очень сильное
Цинк	45	200	≤Спдк	221–500	501–1500	1501–3000	>3000
Кадмий	0,12	2,0	≤Спдк	2,1–3	3,1–5	5,1–20	>20
Свинец	15	32	≤Спдк	33–125	126–250	251–600	>600
Ртуть	0,1	2,1	≤Спдк	2,2–3	3,1–5	5,1–10	>10
Медь	15	132	≤Спдк	133–200	201–300	301–500	>500
Кобальт	10	-	≤Сф	10,1–50	51–150	151–300	>300
Никель	30	80	≤Спдк	81–150	151–300	301–500	>500
Мышьяк	2,2	2,0	≤Спдк	2,1–20	21–30	31–50	>50

растений, которые помимо почвенного получают загрязнение из воздуха. В загрязнении атмосферы почвы играют небольшую роль. Особого внимания заслуживает влияние почв на грунтовые и поверхностные воды, особенно в районах сельскохозяйственного и мелиоративного освоения. Определённая сложность расчёта указанных разновидностей ПДК объясняет отсутствие полноценных моделей экологических обстановок, связанных с почвенным загрязнением.

Различные виды нарушения почв определённо влияют на условия жизнедеятельности. Однако корреляции с состоянием здоровья населения трудноопределимы или проблематичны. Смытость и дефляция почв влияет, прежде всего, на урожайность культур и, следовательно, на экономику сельского хозяйства. Очевидно их влияние на уровни состояния экологических систем, на их преобразованность и деградацию.

С расчётами нормативов нарушения почв ситуация более сложная, чем с оценкой загрязнения. Пожалуй, единственный путь определения предельно-допустимых масштабов нарушения — экономический. О таких размерах деградации можно говорить при потере рентабельности выращивания культур. Однако полноценной методики таких расчётов пока нет. Степень эродированности почв обычно оценивается в процентах к общим площадям. Критическая — более 50%, высокая — 30–50%, средняя — 10–30% и низкая — менее 10%. Считается, что уменьшение гумуса на 1 см сопровождается снижением урожайности зерна на 1ц/га. По отношению к урожаю на не-

смытых почвах урожай на слабосмытых почвах сокращается на 20%, на среднесмытых на 40–50% и на сильносмытых на 60–70%. При важности каждого показателя их общий недостаток — разрозненность, не позволяющая соизмерить их по экономическому ущербу. Можно лишь предположить, что для центрально-чернозёмных районов приближенными к предельно-допустимым будут примерно 50% эродированных сельхозугодий, смыв 20 см гумуса и потеря урожая в 20 ц/га или 50% под зерновыми культурами от урожая на несмытых почвах.

Для нечернозёмной зоны России допустимая, компенсируемая почвообразованием, величина смыва равна 2 т/га/год или примерно 0,1 мм/год. В этом случае неэрозионноопасными будут лишь почвы тяжёлого механического состава под зерновыми культурами на склонах крутизной менее 1° и длиной менее 600 м [2]. Эти важные данные следует дополнить информацией о степени смытости почв на период оценки, поскольку у сильно смытых почв даже при меньшей эродированности может не хватить потенциала восстановления.

Пока что недостаточно данных о значении регионального фактора в оценке смытости почв. Так, в США допустимые нормы варьируют от 2,5 до 12,5 т/га, что соответствует смыву почв 0,2–1,0 мм/год. Согласно данным учёных МГУ, эти показатели ближе к критическому состоянию почв и должны быть понижены [3].

Рассмотрение экологически важных показателей и критериев, касающихся почвенного покрова, позволяет осветить отдельные вопросы и проблемы составления эколого-почвенных карт (ЭПК). В отличие от таких названий,

как эколого-геологические или эколого-геоморфологические карты термин «эколого-почвенная карты» практически не используется, хотя частные карты почв, имеющие экологическую ориентацию, довольно многочисленные. Среди подобных карт большинство принадлежит картам эрозии почв или почвенно-эрозионным [4]. Следует сказать, что процессы нарушения почв (смыв, эрозия, дефляция) принадлежат к агропроизводственным факторам, влияющим на урожайность культур и рентабельность их возделывания. Экономическое значение этих процессов определено, а о их влиянии на условия жизнедеятельности и здоровье населения судить трудно. Строго говоря, подобные карты не являются экологическими с точки зрения антропоцентризма, так же как и карты любых экзогенных процессов. Примерно так же можно оценивать карты подкисления, солонцеватости или увлажнения почв. Если рассматривать нарушение в более широком плане по отношению ко всем растениям и многим видам животных, то подобные карты могут быть отнесены к биоэкологическим, в частности, к агроэкологическим [5]. Гораздо большее экологическое значение имеют карты различного вида загрязнений почвенного покрова — тяжёлыми металлами, пестицидами, радионуклидами. Важно, что таких карт также довольно много. Картографируемые загрязнения оцениваются количественными показателями. Для тех загрязнителей, которые имеют ПДК, возможна прямая оценка экологической опасности. Таким образом, карты загрязнения почв являются полноценными аналитическими экологическими картами и очень близки к типологическим. Для более объективного суждения о влиянии загрязняющих веществ на растения, животных и в какой-то мере на человека следует учитывать класс опасности вещества, который определяется токсичностью, устойчивостью к процессам разложения и миграционными особенностями. Таким образом, имея данные о классе опасности вещества и значениях его ПДК, можно составлять карты экологического профиля, ориентированные на разных потребителей.

Поведение химических элементов в почвах, их распределение и миграция, существенно зависят от основных свойств почв,

таких как гранулометрический состав, реакция, гумусность, степень дренированности. В результате миграционные способности элементов меняются в региональном плане. Для холодных северных территорий с преобладанием процесса оподзоливания существует тенденция к накоплению у меди, марганца, никеля и повышенная миграция у кадмия, селена, цинка. В тёплой сухой зоне с широким развитием солонцеватых почв накапливаются никель, титан, кобальт и мигрируют медь, бром, селен. Допустимые уровни опасности веществ могут различаться в несколько раз в зависимости от таких показателей вредности как транслокационный (влияние на растения), водный или общесанитарный. Показательно, что изменение щелочно-кислотных условий может менять ПДК конкретного загрязнителя в несколько раз. Определение предельных норм содержания многих загрязнителей, в частности, тяжёлых металлов, затрудняется сильной дифференциацией их природного фона [6].

Перечисленные закономерности создают проблемы при составлении эколого-почвенных карт. Следует учитывать также трудоёмкость площадного отбора почвенных образцов и затратность химических анализов. Эти обстоятельства объясняют немногочисленность почвенных карт с количественными и нормативными экологическими оценками.

Фундаментальный труд по экогеохимии городских ландшафтов содержит большое количество образцов и фрагментов карт с разнообразной информацией о состоянии почвенного покрова [6]. Помимо карт в тексте и таблицах собран богатый материал о видах и степени загрязнения почв городов. Содержание карт позволяет с некоторым приближением дать оценку достижениям почвенного экологического картографирования и отметить проблемы, стоящие перед этим направлением. Ряд карт ландшафтно-геохимического профиля содержат общую косвенную информацию о возможном существовании тех или иных экологических ситуаций. На них показаны функциональные зоны и элементарные ландшафты городских территорий, щелочные условия почв и распределение показателя pH, условия миграции и потенциал самоочищения почв. Подобные карты служат хорошей основой для

дальнейшей оценки почв как экологического фактора. Стандартные карты оценки загрязнения почв опираются на суммарный показатель содержания токсикантов, сумму коэффициентов концентраций веществ. Концентрации оцениваются по отношению к фоновому содержанию [7]. Предложенная система оценки отличается определённой условностью, что видно по материалу рассматриваемой монографии. Так, на одних картах суммарный показатель 48–64 считается очень опасным, а на других к этой же категории относятся суммы 32–128. Категории опасности могут меняться для разных форм загрязнителей и разных горизонтов почв. Условную информацию содержат карты с количественными показателями содержания тяжёлых металлов в снежном покрове и в снеговых водах. Загрязнение снега — один из факторов состояния почв, однако, без расчёта корреляции между этими показателями трудно судить о влиянии этого фактора. Большую ценность представляют карты количественных оценок концентраций загрязнителей в почвах, особенно если это касается веществ первого класса опасности. С использованием ПДК загрязнителей эти карты становятся полноценными антропоцентричными. Ценность подобных карт не уменьшается и при некотором разном в размерности показателей. К сожалению, лишь отдельные карты содержат показатели, привязанные к ПДК. Единичны и карты оценки заболеваний в корреляции с техногенными нагрузками. Чтобы сделать эти карты ещё более ценными, желательно снабдить их более подробными легендами, которые давали бы всестороннюю оценку связей двух основных показателей экологической опасности — загрязнения почв и здоровья населения. Сделать это нелегко, учитывая сложные зависимости основных показателей. Имеющиеся в монографии редкие карты интегральной оценки техногенного давления по ряду показателей имеют значение даже при качественных оценках экологической опасности. Материал монографии позволяет представить общую структуру или методику оценки и картографирования экологических ситуаций по факторам и показателям, касающимся состояния почвенного покрова.

Состояние почв тесно связано с характеристиками прочих компонентов ландшафта. Для

общей оценки этого состояния целесообразно использовать информацию таких карт как инженерно-геологические, геоморфологические, растительного покрова. По итогам подобной интерпретации можно составить карты примерного и возможного состояния почв, отметить участки потенциального относительно напряжённого состояния.

Базовые и специализированные почвенные карты (типологии почв, их нарушенности, естественной засоленности, степени увлажнения) априорно позволяют судить о поведении почв в условиях техногенных нагрузок, их устойчивости и способности к восстановлению. Подобные карты служат основой для картографирования экологических ситуаций, определяющих состояние сообществ растительного и животного мира.

Распространённые карты с отображением количественных показателей загрязнения почв опасными веществами имеют первостепенную экологическую ценность, хотя их составление связано с определёнными проблемами. Технология определения концентраций загрязнителей на больших площадях достаточно сложна и трудоёмка. Градации степеней загрязнения не всегда однозначны, их интервалы неодинаковы для разных загрязнителей. Концентрации веществ, входящих в суммарные показатели загрязнения определяются относительно фона, что делает их опасность условной и приблизительной. Основная проблема доведения этих карт до полноценных экологических — сопряжение суммарных показателей и концентраций отдельных загрязнителей с нормативами, определение их реальной опасности, что пока делается довольно редко. Это достигается при определении тесноты связей между загрязнением и здоровьем населения. Изначально такие карты должны ориентироваться на оценку состояния растений, животных или человека, поскольку предельно-допустимые нормы неодинаковые для разных организмов. Ориентация норм должна указываться в легендах карт. Дополнительные трудности нормирования связаны с подвижностью форм загрязнения.

К картам типологического вида или интегрального районирования относятся либо карты, основанные на дифференциации сум-

марного показателя загрязнения, либо карты качественных оценок техногенного давления по ряду показателей. Первые страдают условностью, а вторые далеки от нормативных оценок и показа реальной опасности. Тем не менее, при оценках состояния экологических систем почвенная составляющая имеет значение.

При всех отмеченных проблемах желательно чтобы экологические оценки основывались на большем числе полноценных почвенно-экологических карт. По разнообразию и ориентации эти карты могут условно делиться на следующие серии или ряды. Региональный ряд состоит из карт с разными типами и свойствами почв. Природные особенности регионов определяют различное поведение почв и изменения их параметров при аналогичных нагрузках. Для нашей страны с её разнообразием ландшафтов каждая карта регионального ряда будет иметь своё лицо. Многообразие техногенных нагрузок, связанных со спецификой освоения территорий, послужат основой для составления почвенно-экологических карт отраслевого ряда, которые будут иметь особую практическую ценность. В частности, заслужи-

вают внимания карты районов нефтегазодобычи, горнорудного производства, сельскохозяйственного или лесохозяйственного освоения. Наконец, масштабный ряд включает в себя эколого-почвенные карты разной степени детальности и обобщения информации, что важно для потребителей различного уровня. По нашему мнению, такие крупные регионы России как Красноярский край, республики Коми или Якутия должны быть обеспечены эколого-почвенными картами разных рядов. Это позволит административным и хозяйственным органам успешнее решать экологические проблемы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сладковцев С.А., Дроздов С.Л. Актуальные вопросы и проблемы геоэкологии М.: МИИГАиК, 2008. – 260 с.
2. Почвенно-экологический мониторинг. М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
3. Эколого-географическая карта Российской Федерации. М-б 1:4 000 000. – 1996.
4. Экология России в картах. М.: Изд-во ЦИСН, Миннауки РФ и РАН, 1995. – 570 с.
5. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. – 266 с.
6. Экогеохимия городских ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.
7. Сает Ю.Е., Равич Ю.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. – 335 с.

*Принята к печати 31 мая 2016 г.  
Рекомендована кафедрой географии МИИГАиК*