Экологическое нормирование антропогенной нагрузки на экосистемы

Колесников С.И.

Южный федеральный университет

Кафедра экологии и природопользования

Взаимодействие природы и общества

Человеческое общество и окружающая природная среда находятся в постоянном взаимодействии. Взаимодействие человека с природой направлено, главным образом, на удовлетворения его материальных и духовных потребностей. По большому счету, нет такой потребности, которую можно было бы удовлетворить без участия природы. В результате окружающая природная среда подвергается все возрастающему воздействию со стороны человеческого общества. Такое воздействие называется антропогенным.

Виды антропогенного воздействия

Антропогенные воздействия — деятельность человека, связанная с реализацией экономических, военных, рекреационных, культурных и других его интересов, вносящая физические, химические, биологические и другие изменения в природную среду.

Воздействие человека на природу можно классифицировать различным образом:

- разрушительное, стабилизирующее и конструктивное;
- прямое и косвенное;
- преднамеренное и непреднамеренное;
- длительное и кратковременное;
- статическое и динамическое;
- площадное и точечное;
- глубинное и приповерхностное;
- глобальное, региональное и локальное;
- механическое, физическое, химическое и биологическое
- и т.д.

Степень антропогенного воздействия

Глубина экологических последствий воздействия человека на природу зависит от нескольких переменных: численности населения, стиля жизни и экологического сознания. Эту связь можно описать формулой:

$$\textit{Экологические последствия} = \frac{\textit{Численность населения} \times \textit{Стиль жизни}}{\textit{Уровень экологического сознания}}$$

Чем больше численность населения и выше стиль жизни, тем сильнее истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды. И, наоборот, чем выше экологическое сознание населения, тем менее выражены эти негативные процессы.

Нормирование качества окружающей среды

Качество окружающей среды — степень соответствия среды жизни человека его потребностям. Окружающей человека средой являются природные условия, условия на рабочем месте и жилищные условия. От ее качества зависит продолжительность жизни, здоровье, уровень заболеваемости населения и т.д.

Нормирование качества окружающей среды — установление показателей и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, воды, почвы и т.д.).

Цель нормирования — установление предельно допустимых норм ***(экологических нормативов)*** воздействия человека на окружающую среду. Соблюдение экологических нормативов должно обеспечить экологическую безопасность населения, сохранение генетического фонда человека, растений и животных, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Нормативы качества окружающей среды

Основные экологические нормативы качества окружающей среды и воздействия на нее:

Нормативы качества (санитарно-гигиенические):

- предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ;

- предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей и др.

Нормативы воздействия (производственно-хозяйственные):

- предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ;

- предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ.

Комплексные нормативы (экологические):

- предельно допустимая экологическая (антропогенная) нагрузка на окружающую среду.

Санитарно-гигиеническое нормирование

ПДК

Предельно допустимая концентрация (количество) (ПДК) — количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

ПДК рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих). ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. При ее определении учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на здоровье человека, но и на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

В настоящее время в нашей стране действуют более 1900 ПДК химических веществ для водоемов, более 500 для атмосферного воздуха и более 130 для почв.

ПДК

При содержании в природном объекте нескольких загрязняющих веществ учитывают их совместное воздействие. Сумма их концентраций не должна превышать при расчете единицы:

$$C1/ПДК1 + C2/ПДК2 + \ldots + Cn/ПДКn < 1,$$

где C1, C2, …, Cn — фактические концентрации вредных веществ в воздухе, воде, почве, продуктах питания; ПДК1, ПДК2, …,

ПДКn — предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые установлены для их изолированного присутствия.

ПДК

При нормировании качества **атмосферного воздуха** используют такие показатели как ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, ПДК максимально разовую и ПДК среднесуточную.

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКрз) — это максимальная концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Предельно допустимая концентрация максимально разовая (ПДКмр) — это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе, субсенсорных) реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

Предельно допустимая концентрация среднесуточная (ПДКсс) — это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

ПДК

При нормировании качества **воды** используют такие показатели, как ПДК вредных веществ для питьевых вод и рыбохозяйственных водоемов. Также нормируют запах, вкус, цветность, мутность, температуру, жесткость, коли-индекс и другие показатели качества воды.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв) — это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДКвр) — это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

ПДК

При нормировании качества **почвы** используют такой показатель, как ПДК вредного вещества в пахотном слое почвы.

Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДКп) — это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, плодородие почвы, ее самоочищающую способность, соприкасающиеся с ней среды и не приводящая к накоплению вредных веществ в сельскохозяйственных культурах.

ПДК

При нормировании качества **продуктов питания** используют такой показатель, как ПДК вредного вещества в продуктах питания.

Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДКпр) — это максимальная концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

ПДУ

Предельно допустимый уровень (ПДУ) — это максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда. ПДУ — это то же, что ПДК, но для физических воздействий.

ПДВ и ПДС

Предельно допустимый выброс (ПДВ) или сброс (ПДС) — это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному конкретному предприятию выбрасывать в атмосферу или сбрасывать в водоем, не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Субъективные трудности в разработке и использовании ПДК

Водный кодекс РФ в прошлой редакции запрещал осуществлять сброс сточных вод, содержащих вещества, для которых не установлены ПДК. Но даже в абсолютно чистой природной воде содержатся сотни веществ, для которых ПДК не регламентированы. Более того, для вещества «вода» ПДК не установлена. Поскольку ни одно предприятие не могло выполнить такое экологическое требование, это привело к нескольким негативным следствиям.

Во-первых, возник простор для коррупции.

Во-вторых, предприятия выдавали заведомо ограниченную и зачастую ложную информацию о реальном экологическом состоянии сбрасываемых вод.

В-третьих, предприниматели рассматривали экологические нормативы, такие как ПДВ и ПДС, как «нелепую повинность», следствием которого является правовой нигилизм.

Субъективные трудности в разработке и использовании ПДК

Существует множество примеров, когда по нормативам ПДС требуется сбрасывать сточную воду по качеству лучше питьевой, с меньшими концентрациями, чем естественные, чем ПДК, а по некоторым показателям – лучше, чем дистиллированная (по ГОСТУ).

Некоторые из отечественных ПДК для почвы уже при самом поверхностном анализе оказываются несостоятельными. Так, ПДК валового содержания свинца в почве — 32 мг/кг почвы, что меньше его среднего содержания в почве — 35 мг/кг почвы. Или ПДК мышьяка в почве — 2 мг/кг почвы, а его кларк — 6 мг/кг. Неудивительно, что при использовании такого значения ПДК огромные территории оцениваются как загрязненные.

Объективные трудности разработки и использования ПДК загрязняющих веществ на примере почвы:

- полифункциональность почвы;
- гетерогенность почвы;
- разнообразие почв;
- разнообразие химических соединений загрязняющих веществ;
- явления синергизма и антагонизма между атомами элементов;
- способность живых организмов к адаптации, а почвы к самовосстановлению и др.

Нормирование по экологическому риску

Экологический риск

Экологический риск — это вероятность появления негативных изменений в окружающей природной среде, вызванных негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, с учетом величины возможных ущербов.

Мера экологической опасности рассматривается в двух основных аспектах:

1) вероятность нарушения природного равновесия;
2) вероятность негативного воздействия на человека.

Определение экологического риска

Экологический риск может быть оценен количественно по формуле:

$$R = p \cdot y,$$

где R — экологический риск;

p — вероятность негативного воздействия источника опасности на население, экосистемы или иные объекты;

y — предполагаемая величина ущерба от воздействия.

Экологический риск и «традиционное» нормирование

Нормирование с использованием ПДК, ПДВ, ПДС, ПДУ и других нормативов основано на определении количества загрязняющего вещества или иного агента в окружающей среде.

Нормирование на основе определения экологического риска базируется на оценке источников опасности и устойчивости экосистем и человеческого организма.

Принципы допустимого экологического риска

При оценке допустимости антропогенного воздействия на окружающую природную среду следует руководствоваться принципами допустимого экологического риска:

1) неизбежность потерь в природной среде;

2) минимальность потерь в природной среде;

3) реальная возможность восстановления потерь в природной среде;

4) отсутствие вреда здоровью человека и обратимость изменений в природной среде;

5) соразмерность экологического вреда и экономического эффекта.

Экологическое нормирование

Отличие гигиенического и экологического нормирования

Особенность санитарно-гигиенического нормирования заключается в том, что оно основано на антропоцентризме.

Санитарно-гигиеническое нормирование — установление нормативов качества окружающей среды приемлемых для человека.

Однако человек не самый чувствительный из биологических видов, и принцип «Защищен человек - защищены и экосистемы» неверен.

Экологическое нормирование предполагает учет так называемой допустимой нагрузки на экосистему.

Экологическое нормирование — нормирование антропогенного воздействия на экосистему в пределах ее экологической емкости, не приводящего к нарушению механизмов саморегуляции. Основными критериями экологического нормирования являются: сохранение биотического баланса, стабильности и разнообразия экосистемы.

Методологические особенности гигиенического нормирования (по Е.Л. Воробейчику):

- предельные нагрузки устанавливаются для отдельных веществ (либо их смесей, но с известным соотношением компонентов);
- лабораторные эксперименты – основа для получения нормативов;
- используются параметры организменного, а не экосистемного уровня.

Методологические особенности экологического нормирования (по Е.Л. Воробейчику):

- критерии оценки задает человек исходя из своих потребностей, причем потребность в здоровой окружающей среде – одна из важнейших;
- при задании критериев оценки экосистем необходимо учитывать их полифункциональность (важнейшие функции – обеспечение необходимого вклада в биосферные процессы, удовлетворение экономических, социальных и эстетических потребностей общества);
- нормативы предельных нагрузок должны быть “вариантными”, т.е. различными для экосистем разного назначения (необязательно требовать выполнение всех функций одновременно и в одном месте);
- нормативы должны быть дифференцированы в зависимости от физико-географических условий региона и типа экосистем;

Методологические особенности экологического нормирования (по Е.Л. Воробейчику):

- нормативы должны быть дифференцированы во времени: менее жесткие для существующих технологий, более жесткие для ближайшей перспективы, еще более жесткие для проектируемых производств и новых технологий;
- нормировать необходимо интегральную нагрузку, которая может быть выражена в относительных единицах, а не концентрации отдельных загрязнителей;
- среди показателей состояния биоты для нормирования необходимо выбрать основные, отражающие важнейшие закономерности ее функционирования, предпочтение необходимо отдавать интегральным параметрам;
- нахождение нормативов может быть реализовано только в исследованиях реальных экосистем, находящихся в градиенте нагрузки, т.е. только на основе анализа зависимостей доза – эффект на уровне экосистем.

Пример экологического нормирования антропогенного воздействия на наземные экосистемы на основе нарушения экологических функций почвы

Цель и задачи исследования:

Цель работы — разработать принципы и методологию нормирования антропогенного воздействия на наземные экосистемы на основе нарушения экологических функций почвы как центрального компонента биогеоценоза.

Задачи:

- Установить закономерности изменения в условиях загрязнения основных экологических и биологических свойств почвы, таких как численность и активность микроорганизмов, ферментативная активность, фитотоксичность почв и др.
- Провести анализ изменения свойств почвы в зависимости от следующих параметров загрязнения: природа элемента, концентрация его в почве, форма соединения, срок от момента загрязнения. Установить взаимосвязь между эколого-биологическими показателями и исследуемыми параметрами загрязнения.
- Определить возможность и целесообразность использования различных эколого-биологических показателей в целях мониторинга, диагностики, индикации и нормирования загрязнения почв и экосистем в целом.
- Провести сравнительную оценку экологической опасности 20 химических элементов, относящихся к разным классам опасности.
- Определить количественные ориентиры для разработки региональных нормативов содержания в почвах Юга России исследованных элементов.

Объекты исследования:

- черноземы обыкновенные,
- черноземы выщелоченные,
- черноземы выщелоченные слитые,
- черноземы южные,
- темнокаштановые почвы,
- каштановые почвы,
- светлокаштановые почвы,
- бурые горно-лесные почвы,
- серые горно-лесные почвы,
- песчаные почвы степной зоны (серопески),
- песчаные почвы полупустынной зоны (буропески),
- дерново-карбонатные почвы (рендзины),
- горно-луговые субальпийские почвы.

Исследованные почвы различаются между собой

- по содержанию гумуса,
- реакции среды (pH),
- содержанию карбонатов,
- гранулометрическому составу,
- поглотительной способности,
- оструктуренности,
- биологической активности,
- и другим свойствам, определяющим устойчивость почвы к химическому загрязнению.

Параметры загрязнения

- природа элемента (вещества);
- концентрация в почве;
- химическая форма загрязняющего вещества;
- срок от момента загрязнения;
- способ внесения.

Исследовали воздействие

- тяжелых металлов (ТМ):
  Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, V, W, Zn
- загрязнителей-неметаллов:
  As, B, F, Se
- органических загрязнителей:
  нефть, бензин, солярка, моторное масло

Концентрации загрязняющих веществ:

- ТМ и неметаллы: 1, 10, 100 и 1000 ПДК (УДК),
- нефть и нефтепродукты: 1, 5, 10 и 25 %.

Формы загрязняющих веществ:

- оксиды, хлориды, нитраты, сульфаты, ацетаты.

Сроки экспозиции:

- 10, 30, 90, 180 суток.

Для суждения об экологических функциях определяли следующие свойства почвы:

- численность в почве бактерий (аммонифицирующих, спорообразующих, бактерий рода Azotobacter, актиномицетов), микромицетов,
- «дыхание» почвы, целлюлозолитическую активность, интенсивность накопления свободных аминокислот, скорость разложения мочевины,
- активность каталазы, дегидрогеназы, ферриредуктазы, инвертазы, уреазы и фосфатазы,
- содержание в почве аммиачного и нитратного азота, подвижных соединений фосфора, гумуса, углеводов, качественный состав гумуса,
- фитотоксические свойства почв (всхожесть, длина корней, длина надземных побегов и др.),
- pH, Eh,
- плотность, структуру и другие свойства.

Критерии оценки показателей для биомониторинга состояния окружающей среды:

- информативность показателя (тесная корреляция между показателем и антропогенным фактором);
- высокая чувствительность показателя;
- хорошая воспроизводимость результатов;
- незначительное варьирование показателя;
- небольшая ошибка опыта;
- простота, малая трудоемкость и высокая скорость метода определения;
- широкая распространенность метода в стране и за рубежом;
- соответствие принятым стандартам и др.

Набор показателей для определения интегрального показателя биологического состояния почв (ИПБС), как критерия степени нарушения экологических функций почвы:

- численность аммонифицирующих бактерий,
- численность микроскопических грибов,
- численность бактерий рода Azotobacter,
- активность каталазы,
- активность инвертазы,
- целлюлозолитическая активность.

Результаты исследований:

- Загрязнение почв ТМ разных классов опасности, неметаллами, нефтью и нефтепродуктами, в подавляющем большинстве случаев, ведет ухудшению эколого-биологических свойств почв и нарушению их экологических и сельскохозяйственных функций.

- Степень воздействия зависит от параметров загрязнения (природы вещества, его концентрации и распределения в почве, формы соединения, срока экспозиции и др.) и генетических свойств почвы (гранулометрического состава, содержания органического вещества, щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий и др.).

Экосистемные (биогеоценотические) функций почвы

(по Г.В. Добровольскому, Е.Д. Никитину, 1990)

- **Физические:** жизненное пространство, жилище и убежище, механическая опора, депо семян и других зачатков.
- **Химические и физико-химические, биохимические:** источник элементов питания, стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов, депо влаги, элементов питания и энергии, сорбция веществ и микроорганизмов.
- **Информационные:** регуляция численности, состава и структуры биоценозов, сигнал для ряда сезонных и других биологических процессов, пусковой механизм некоторых сукцессий, «память» биогеоценоза.
- **Целостные:** аккумуляция и трансформация вещества и энергии, санитарная функция, буферный и защитный биогеоценотический экран, условие существования и эволюции организмов.

Ряд биогеоценотических (экосистемных) функций по степени их устойчивости к химическому загрязнению

физические >

химические, физико-химические, биохимические и целостные >

информационные

- В качестве критерия степени нарушения экологических функций почвы можно использовать «интегральный показатель биологического состояния почвы» (ИПБС). Установлено, что если значения ИПБС уменьшились менее чем на 5 %, то почва выполнят свои экологические функции нормально, при снижении значений ИПБС на 5-10% происходит нарушение информационных экофункций, на 10-25 % — биохимических, физико-химических, химических и целостных, более чем на 25 % — физических.

Схема экологического нормирования загрязнения черноземов обыкновенных по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
As	< 17	17-30	30-160	> 160
B	< 35	35-50	50-200	> 200
Ba	< 900	900-1500	1500-4000	> 4000
Cd	< 0,45	0,5-1,8	1,8-170	> 170
Co	< 19	18-36	36-250	> 250
Cr	< 70	70-90	90-170	> 170
Cu	< 40	40-80	80-650	> 650

Схема экологического нормирования загрязнения черноземов обыкновенных по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
F	< 350	350-550	550-2000	> 2000
Hg	< 0,6	0,6-3,5	> 3,5	
Mn	< 1000	1000-1600	1600-8000	> 8000
Mo	< 18	18-400	> 400	
Ni	< 50	50-100	100-700	> 700
Pb	< 45	45-55	55-350	> 350
Sb	< 5	5-12	12-200	> 200

Схема экологического нормирования загрязнения черноземов обыкновенных по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
Se	< 0,7	0,7-1,4	1,4-9	> 9
Sn	< 7	7-12	12-80	> 80
Sr	< 250	250-450	450-3200	> 3200
V	< 200	200-300	300-850	> 850
W	< 7	7-12	12-80	> 80
Zn	< 125	125-200	200-850	> 850

Схема экологического нормирования загрязнения черноземов обыкновенных по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Вещество	Содержание вещества в почве, %			
нефть	< 0,75	0,75-1,15	1,15-4,2	> 4,2
бензин	< 0,67	0,67-1,25	1,25-8,8	> 8,8

Схема экологического нормирования загрязнения черноземов выщелоченных слитых по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
Cr	< 115	115-130	130-210	> 210
Cu	< 55	55-85	85-400	> 400
Ni	< 65	65-100	100-450	> 450
Pb	< 50	50-75	75-320	> 320
Вещество	Содержание вещества в почве, %			
нефть	< 0,45	0,45-1,30	1,30-4,5	> 4,5

Схема экологического нормирования загрязнения серых горно-лесных почв по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-120	120-190	> 190
Cu	< 55	55-80	80-225	> 225
Ni	< 55	55-75	75-250	> 250
Pb	< 50	50-65	65-200	> 200
Вещество	Содержание вещества в почве, %			
нефть	< 0,25	0,25-0,75	0,75-3,2	> 3,2

Схема экологического нормирования загрязнения бурых горно-лесных почв по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-115	115-150	> 150
Cu	< 55	55-70	70-150	> 150
Ni	< 55	55-75	75-150	> 150
Pb	< 50	50-65	65-150	> 150
Вещество	Содержание вещества в почве, %			
нефть	< 0,20	0,20-0,70	0,70-2,4	> 2,4

Схема экологического нормирования загрязнения дерново-карбонатных почв по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-120	120-250	> 250
Cu	< 55	55-85	85-350	> 350
Ni	< 55	55-85	85-350	> 350
Pb	< 50	50-75	75-350	> 350
Вещество	Содержание вещества в почве, %			
нефть	< 0,40	0,40-1,20	1,20-4,0	> 4,0

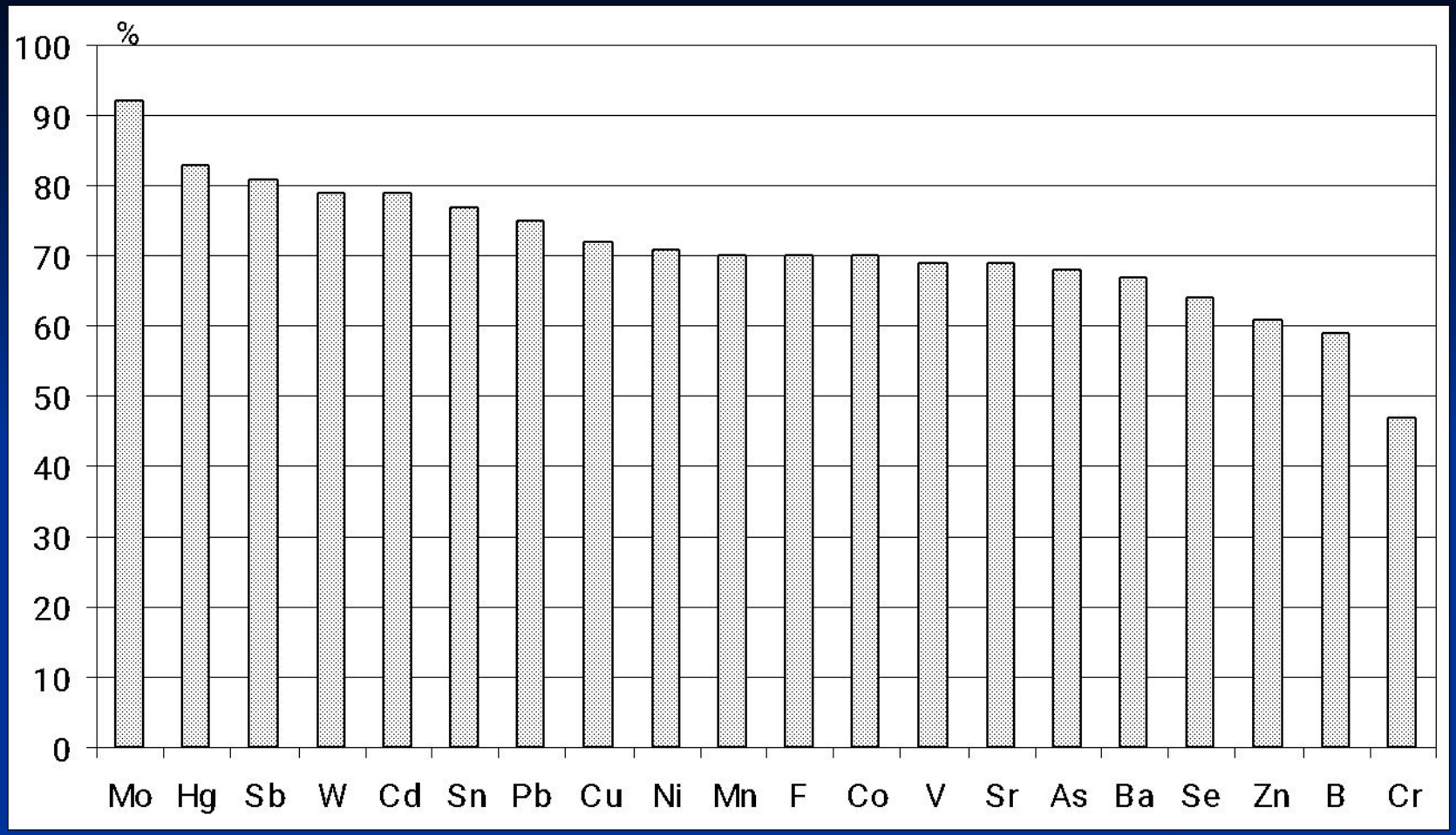
Схема экологического нормирования загрязнения горно-луговых субальпийских почв по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-120	120-190	> 190
Cu	< 55	55-65	65-175	> 175
Ni	< 55	55-85	85-225	> 225
Pb	< 50	50-65	65-200	> 200
Вещество	Содержание вещества в почве, %			
нефть	< 0,20	0,20-0,90	0,90-3,3	> 3,3

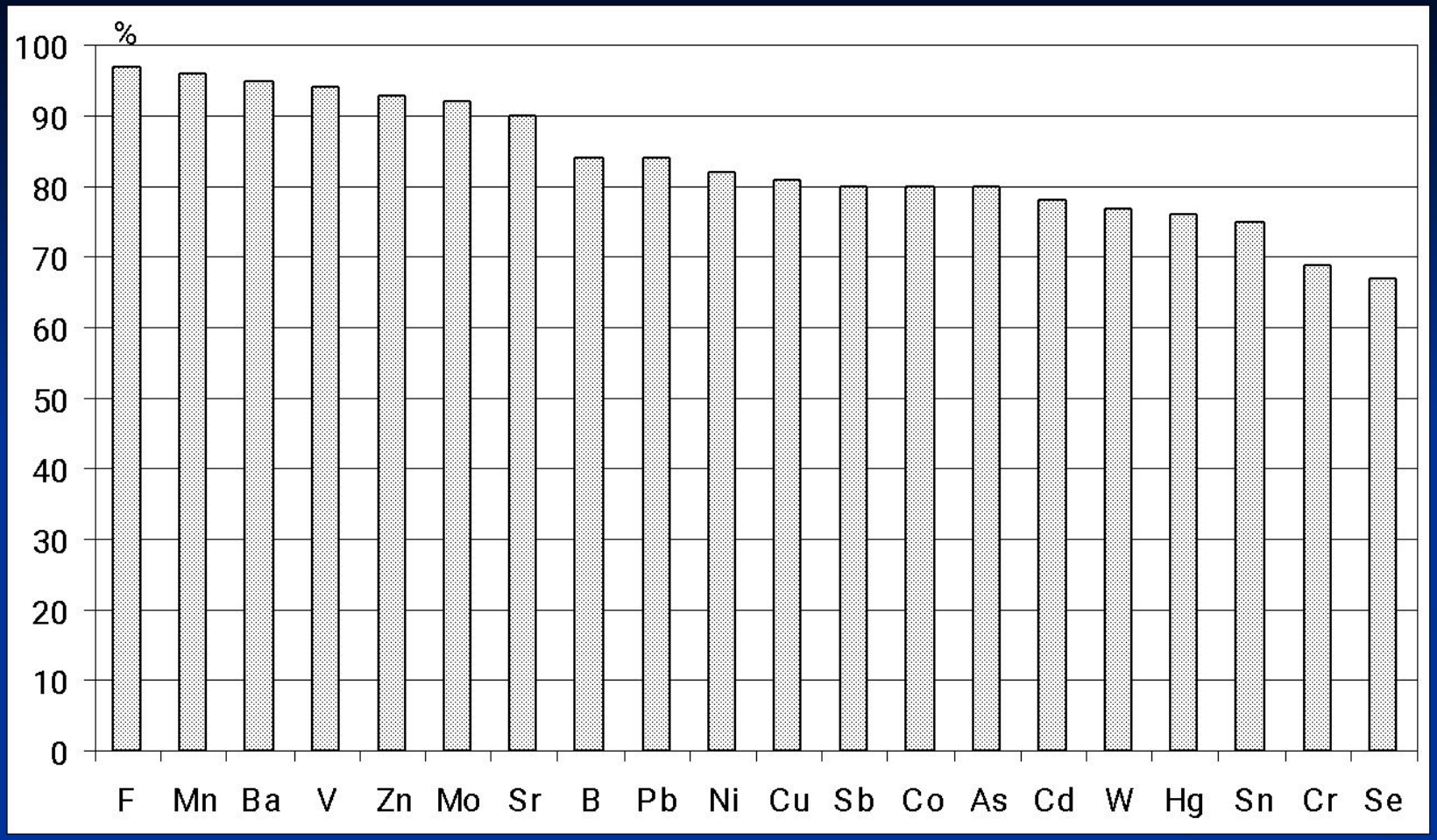
Ряд устойчивости почв Юга России к химическому загрязнению:

черноземы обыкновенные, черноземы выщелоченные > черноземы южные, черноземы выщелоченные слитые, дерново-карбонатные почвы (рендзины), темнокаштановые почвы, каштановые почвы > светлокаштановые почвы, горно-луговые (субальпийские) почвы, серые горно-лесные почвы > бурые полупустынные почвы, бурые горно-лесные почвы > песчаные почвы степной зоны (серопески), песчаные почвы полупустынной зоны (буропески)

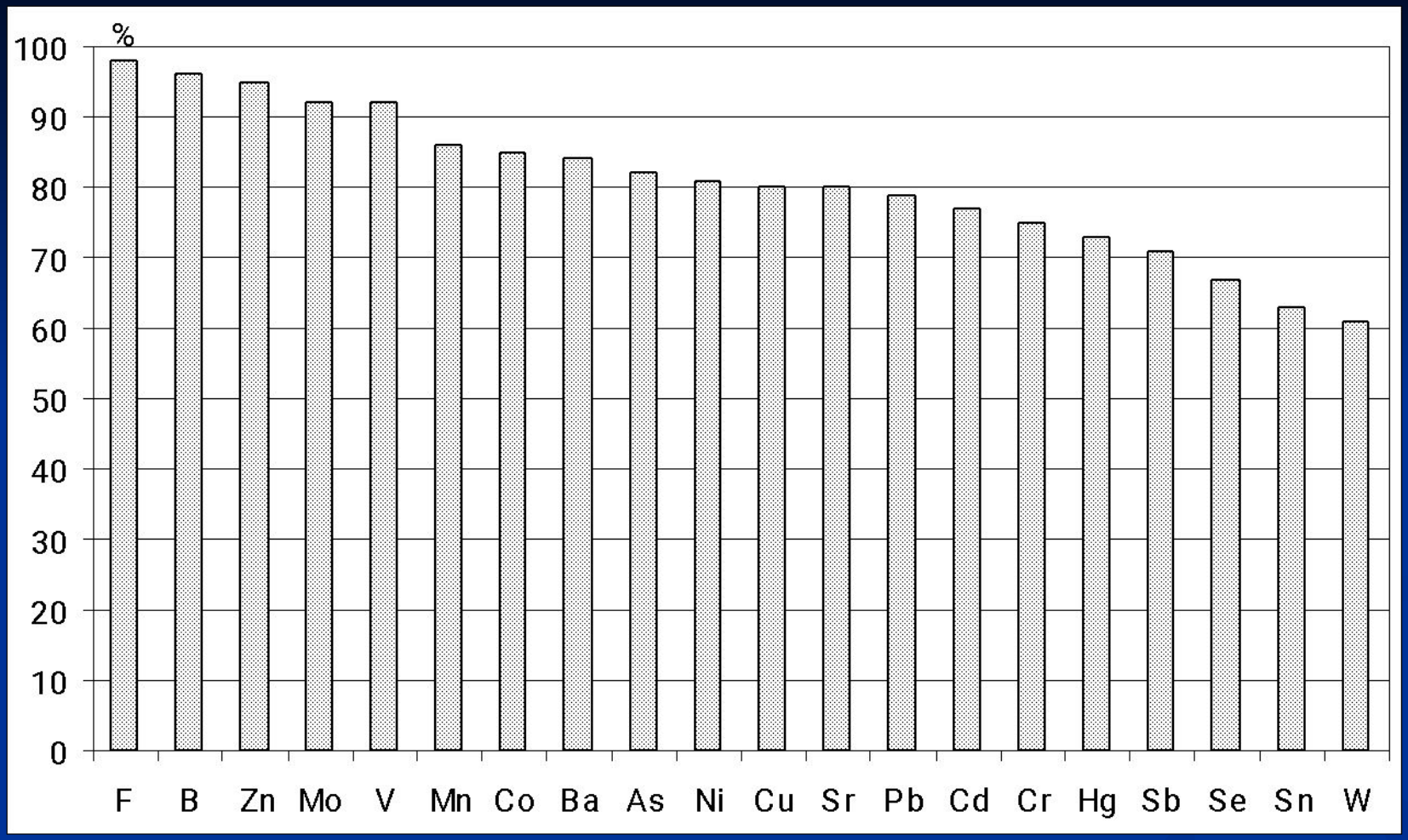
- Степень устойчивости к химическому загрязнению определяется эколого-генетическими свойствами исследованных почв, прежде всего, гранулометрическим составом, содержанием органического вещества, щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными условиями, биологической активностью.



Ранжирование элементов по степени снижения значений ИПБС почвы: единица измерения содержания элемента в почве — ПДК



Ранжирование элементов по степени снижения значений ИПБС почвы: единица измерения содержания элемента в почве — мг/кг



Ранжирование элементов по степени снижения значений ИПБС почвы: единица измерения содержания элемента в почве — моль/кг

Ранжирование элементов по степени их негативного воздействия на почву

1.Если за единицу содержания элемента в почве принять ПДК:

$Cr > B > Zn > Se > Ba \geq As \geq Sr = V \geq Co = F = Mn \geq Ni \geq Cu > Pb \geq Sn \geq Cd = W \geq Sb \geq Hg > Mo.$

2.Если за единицу содержания элемента в почве принять мг/кг:

$Se \geq Cr > Sn \geq Hg \geq W \geq Cd > As = Co = Sb \geq Cu \geq Ni \geq B = Pb > Sr \geq Mo \geq Zn \geq V \geq Ba \geq Mn \geq F.$

3.Если за единицу содержания элемента в почве принять моль/кг:

$W \geq Sn > Se > Sb \geq Hg \geq Cr \geq Cd \geq Pb \geq Sr = Cu \geq Ni \geq As \geq Ba \geq Co \geq Mn > V = Mo \geq Zn \geq B \geq F.$

- По влиянию на состояние почвы исследованные элементы не располагаются по классам опасности, разработанным применительно к здоровью людей (ГОСТ 17.4.1.02-83). Поэтому по отношению к почвам целесообразно разработать собственные классы опасности. Для этого можно использовать указанный выше ряд элементов, где единицей содержания элемента в почве является мг/кг. Предложено выделение трех классов опасности исследованных элементов по отношению к почве: 1 класс – Se, Cr, Sn, Hg, W, Cd; 2 класс – As, Sb, Co, Cu, Ni, Pb, B; 3 класс – Sr, Mo, Zn, V, F, Ba, Mn.

Классы загрязняющих почву веществ по степени их опасности (ГОСТ 17.4.1.02-83)

(санитарно-гигиеническое нормирование)

№	Класс	Элемент
I	высоко опасные	Hg, Pb, Cd, As, Se, Zn, F
II	умеренно опасные	Co, Ni, Mo, Cr, Cu, B, Sb
III	мало опасные	Ba, V, W, Mn, Sr

Классы элементов по степени их экологической опасности для почвы (экологическое нормирование)

№	Класс	Элемент
I	высоко опасные	Se, Cr, Sn, Hg, W, Cd
II	умеренно опасные	As, Co, Sb, Cu, Ni, B, Pb
III	мало опасные	Sr, Mo, Zn, V, Ba, Mn, F

Области применения методологии экологического нормирования антропогенного воздействия на наземные экосистемы:

- при оценке воздействия на окружающую среду (разработке ОВОС);
- при биоиндикации и биодиагностике деградационных изменений в экосистемах;
- при биомониторинге состояния естественных и антропогенно нарушенных экосистем;
- при экологическом нормировании антропогенного воздействия на экосистемы, разработке региональных ПДК;
- при определении степени ответственности (размера штрафа и др.) предприятий при нерациональном природопользовании; при разработке методов санации (восстановления) нарушенных экосистем;
- при определении предельно допустимой антропогенной нагрузки на территорию; при создании экологических карт (районирования, фактологических и прогнозных);
- при прогнозировании экологических последствий хозяйственной деятельности на данной территории; при оценке риска катастроф;
- при проведении экологической экспертизы, паспортизации, сертификации территории или хозяйственного объекта
- и т.д.

Благодарю за внимание !