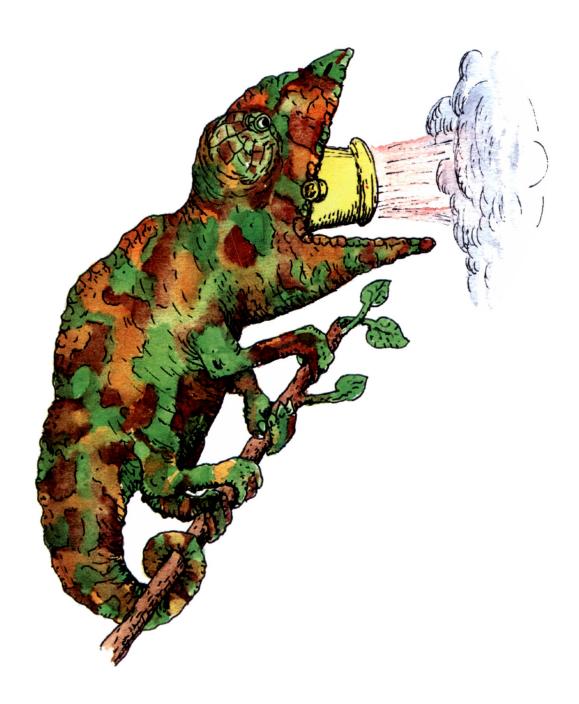
## TO TO THE TOTAL PROPERTY OF THE TOTAL PROPER



## Пределы загрязнения



ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТИ

кономика Урала выросла на железе и меди. На Каргалинском месторождении медную руду добывали с эпохи бронзы, с середины II тысячелетия до н. э. Там стояли поселения древних металлургов. С конца XVII века на берегах диких речек и озер строили заводы с печами для выплавки металла. В лесах пережигали на уголь деревья. Изделия шли в Центральную Россию, за границу. Дым заводов ложился на поселки и леса. Металлы взлетали в атмосферу и оседали на землю. В начале XX века медь начали добывать из колчедана, и в воздух вокруг заводов пошел сернистый газ. Растительность умирала, обнажая камни окрестных гор.

За три века освоения Урала изменились масштабы, оснащение, технологии, продукция заводов. Наступление на природу продолжается. Промышленность продолжает теснить и отравлять городские и пригородные экосистемы. Пятна загрязненных территорий понемногу расползаются, тяжелые металлы накапливаются.

Дин из способов уменьшить вред, наносимый природе, — установить экологические нормативы, то есть те пределы выбросов, при которых состояние экосистем еще не сильно отличается от исходного. (Делать это имеет смысл, если власти, выявив нарушение норм, закроют предприятие или заставят заводчан установить дополнительные очистные сооружения.)

Нормировать загрязнение экосистем не проще, чем устанавливать гигиенические нормативы. Заместитель директора ИЭРиЖ по научным вопросам д.б.н. Евгений Воробейчик считает, что, возможно, даже сложнее:

классические эксперименты, какие проводят токсикологи с лабораторными мышами, с экосистемами осуществить очень сложно, а часто и невозможно. Приходится реализовывать схему «пассивного» эксперимента, заложенного помимо воли исследователей во время пуска завода, - регистрировать произошедшие в экосистемах изменения за десятилетия его деятельности. Непросто также выразить числами степень воздействия на экосистему и ее состояние, а затем построить график зависимости второго от первого. Вид этого графика определяет, насколько нормативы очевидны и объективны. Понятно, что кривая, в целом, должна быть монотонной (чем больше загрязнение, тем хуже состояние системы), но какова ее форма?

Вот что сообщает Евгений Воробейчик: «Общепринято, что реакция организма на

какой-либо фактор нелинейна (закон толерантности Шелфорда). Однако на уровне экосистем сейчас преобладает, хотя часто и не высказывается явно, другой взгляд: линейная модель реакции на нагрузку. Редкий пример, когда ученые открыто заявили об использовании этой модели - одна из работ Ю.А.Израэля с соавторами. В ней утверждает-СЯ, ЧТО «...ЭКОСИСТЕМА В ОТвет на загрязнение перестраивается монотонно, доминанты постепенно теряют свой статус, а вселяющиеся виды... постепенно повышают свой статус». Линейное мышление приводит к тому. что даже при нелинейной зависимости «доза — эффект» авторы представляют ее прямой линией». В таком случае объективного обоснования нормативов нет.

Другое дело, если дозовая зависимость претерпевает более или менее резкий пе-



реход: до поры до времени порции загрязняющих веществ вызывают незначительные изменения, затем такие же порции вызывают непропорционально большие сдвиги. Система быстро, скачком переходит в новое, худшее состояние. Тогда есть объективная основа для установления норматива: за него можно принять точку перед переходом.

Здесь есть сходство с кривой титрования в химии. У сильных кислот и оснований буферная емкость мала и переход резкий: достаточно одной капли титранта, чтобы кислотность и окраска раствора изменились. У слабых кислот и оснований область перехода растянута, критическую точку определить сложнее.

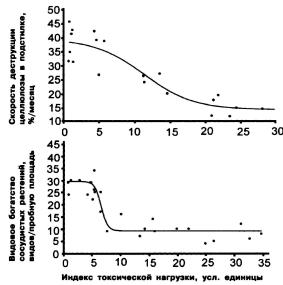
Практически найти вид зависимости «доза — эффект» и нормировать загрязнение требует больших затрат времени и труда. Поллютанты, то есть загрязняющие вещества, разнообразны, их количество и соотношение меняется в широких пределах, да и сами экосистемы состоят из множества частей, которые реагируют по-разному. Евгений Воробейчик объясняет, почему немногие исследователи пытались построить дозовые зависимости для экосистем: «Сделать это сложно по двум причинам: 1) нужно, чтобы достаточно большое количество пробных площадей однородно «покрывали» весь градиент нагрузки; 2) нужна информация о величине токсической нагрузки в каждой учетной точке. Выполнение

этих условий при анализе многих компонентов экосистем — непростая задача».

Уральские экологи из ИЭРиЖ обследовали состояние экосистем (пихтовых и еловых лесов) вблизи от трех металлургических заводов. Они обследовали достаточно много площадок с экосистемами одного типа, но с разным уровнем загрязнения, чтобы построить дозовую кривую и определить ее вид. На площадках оценивали состояние разных компонентов экосистемы: древостоя, кустарников, травяного и мохового ярусов, почвы, лесной подстилки, почвенной фауны и микрофлоры, эпифитных лишайников. Для каждого из компонентов разработали показатели, характеризующие его состояние, сравнивали обследуемые участки с относительно чистыми.

Материал с каждой площадки обрабатывали до двадцати специалистов. Измеряли густоту, сомкнутость полога деревьев, долю сухостоя, плотность всходов и подроста, общую массу травы и кустарничков, их видовое богатство, сходство с фоновым, «чистым» сообществом по видовой структуре и многое другое. Определяли величину токсической нагрузки - состав и количество выпавших тяжелых металлов. Наиболее представительный материал собрали для окрестностей Среднеуральского медеплавильного завода (см. фото).

Кое-какие закономерности удалось подтвердить, другие обнаружить. По мере при-



## история современности

ближения к эпицентру загрязнений в травянистой растительности становится все больше злаков и хвощей, наиболее устойчивых к тяжелым металлам, со стволов деревьев быстро исчезают лишайники. Большие изменения происходят в почве: намного медленнее идет разложение листового опада, погибают дождевые черви и другие крупные сапрофаги. Но главное, что удалось сделать, - определить вид зависимости для многих показателей состояния экосистем. На графиках видно, что некоторые из них действительно изменяются скачком и их можно с хорошим приближением описать S-образной кривой.

За эту работу группа сотрудников ИЭРиЖ шесть лет назад получила Государственную премию России для молодых ученых.

ожно ли по материалам этих исследований установить действующие нормативы? Евгений Воробейчик настроен скептически. Нормативы получаются слишком жесткими, для того чтобы им соответствовать, выбросы нужно сокращать не на несколько процентов, а в десятки раз. Сейчас это непосильная задача для производства.

Если же этого не делать, загрязнения будут продолжать накапливаться. Правда, размер загрязненных зон увеличивается уже не очень быстро. Зато они постепенно

превращаются в «химические бомбы замедленного действия». Эти бомбы «взрываются», когда почва и грунт закисляются (например, кислотными дождями): тогда связанные с гумусом и минеральными частицами тяжелые металлы переходят в почвенный раствор. Иногда загрязнения нейтрализуют друг друга: если рядом с металлургическим комбинатом находится цементный завод или тепловая электростанция, на которой жгут уголь с большим содержанием кальция, то их выбросы будут связывать тяжелые металлы. Опять-таки лишь до некоторых пор. И закисление среды станет включателем, который запустит в грунтовые воды, а затем в реки ионы тяжелых металлов.

Будет ли природа вокруг металлургических заводов России приведена в порядок, пока сказать невозможно, однако за границей положительные примеры есть. В канадской провинции Онтарио, в городе Садбери, есть медно-никелевый комбинат, давно вошедший в учебники по экологии как пример губительного воздействия на природу. С недавних пор он начал появляться в сводках новостей уже как пример восстановления загрязненной территории. На заводе изменили технологии, и теперь в его окрестности возвращаются исчезнувшие было растения и животные.

М.Литвинов