

УДК 622.502

Ю.П. Галченко

**ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ГОРНОГО
ПРОИЗВОДСТВА ПО УСЛОВИЯМ СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Рассмотрены общие подходы и методология формирования технических нормативов для процессов горного производства по условиям и степени изменения фитоценоза природных экосистем.

Ключевые слова: геоэкология, естественная биота, природная экосистема, литосфера, биосфера, экология.

Современный этап развития конфликта между человеком и естественной биотой Земли характеризуется постепенной «экологизацией» мышления, отражением которой является признание тезиса об экологическом императиве при всех видах природопользования. Предназначение этой идеи состоит в создании возможности преодоления главного противоречия между неограниченным ростом потребностей технократической цивилизации и ограниченными возможностями природы. Особо остро эта проблема стоит при освоении земных недр, так как, вследствие геологической предопределенности расположения месторождений, добыча минеральных ресурсов всегда будет связана с неизбежным антропогенным вторжением в природно-равновесные экосистемы. Фундаментальной проблемой геоэкологии при этом становится определение принципов и условий коэволюции природных и горнотехнических систем на основе изучения законов их развития и взаимодействия. При этом воздействие технической составляющей на природную носит прямой раз-

рушающий характер, а ответная реакция обычно проявляется косвенно — через изменение условий жизни человека. В этих условиях инженерная защита окружающей среды, как система действий по снижению или устранению этих прямых воздействий на природу, развивается по двум направлениям:

- устранение причин техногенного нарушения биоты путём создания принципиально новых геотехнологий с управляемыми внешними воздействиями;
- снижение последствий применения тех или иных технологий путём создания дополнительных технологий для полного или частичного изъятия вредных для биоты поллютантов из отходов горного производства.

И в том и в другом случае необходима мера уровня опасности или безопасности техногенных факторов, воздействующих на элементы природных экосистем, то есть, рассуждая инженерными категориями — система технических нормативов, регламентирующих внешние воздействия геотехнологий, используемых при развитии технической составляющей общей

системы по условиям сохранения составляющей природной.

В общей системе противоречий между человеком и природой одним из определяющих является противоречие между декларированными и фактическими целями природоохранной деятельности вообще и при освоении минеральных ресурсов недр, в частности.

Вся существующая система управления взаимодействием техно- и биосферы базируется на известном со времен Древней Греции принципе логических построений с подменой цели [1].

Первый уровень подмены заключается в том, что, избрав в качестве цели сохранение оптимального состояния природы, мы применяем экономические критерии и показатели, не связанные по своей сути с биологическими особенностями объекта защиты, и добиваемся фактически оптимального состояния экономики.

Второй уровень подмены цели возникает, когда степень опасности техногенного воздействия на биоту экосистем во всей ее сложности оценивают по нормативам, характеризующим опасность этих воздействий только для здоровья человека. То есть декларированная охрана природы фактически сводится к охране человека в ней.

Для преодоления этого противоречия надо создать систему регулирования взаимодействия техно- (антропо-) и биосферы по показателям и критериям, отражающим свойства и реакцию объекта защиты — естественной биоты Земли. Проблема эта — комплексная и содержит в себе две компоненты:

- создание на основе познания законов развития живой природы системы показателей, регламентирующих

величину внешних нагрузок по условиям толерантности биосистем;

- создание на основе познания законов развития техносферы технологий, позволяющих управлять уровнем внешних воздействий в биологически обоснованных диапазонах.

Нарушения экосистем под влиянием хозяйственной деятельности человека в различных природных зонах происходят неодинаково и зависят от регионального положения, сложности и продуктивности экосистемы.

Под влиянием неприродных факторов изменяется как структурная организация экосистем, так и их функциональные свойства. В зависимости от характера воздействия происходит либо усложнение, либо упрощение структуры, а иногда и полная ее трансформация и формирование новых, не свойственных природным образованиям, техногеосистем (рис. 1).

Техногенное воздействие добывающих предприятий на окружающую среду коренным образом отличается от других промышленных объектов тем, что затрагивает литосферу, гидросферу, атмосферу и биосферу. Воздействие на три последние сферы всегда возникает в результате техногенного изменения литосферы при извлечении полезного ископаемого, геологическая же предопределенность расположения добывающего предприятия приводит к тому, что в зоне этого воздействия может оказаться любая из существующих на Земле экосистем. При такой постановке общая проблема экологической безопасности при освоении недр может быть расчленена на несколько самостоятельных частей, детерминированных через единство конечной цели, а глобальное противоречие между техно- и биосферой преодолевается путем превращения его в ряд локальных противоречий, разрешаемых



Рис. 1. Схема воздействия антропогенного фактора на экосистему

на основе различных методологических подходов.

Как показал анализ наиболее распространенных систем оценки уровня техногенного изменения биоты, различие между технократической и биотической позицией здесь заключается в том, что в первом случае понятие общего воздействия формируется путем соединения различных детально дифференцированных техногенных факторов, а во втором — по такому же принципу формируется понятие биоты. Другой же элемент рассматриваемой системы «воздействие — экосистема» в обоих случаях априори принимается интегральным. Внутренняя противоречивость такого подхода заключается в неодинаковости принципов формирования критериев, оценивающих состояние одинаково сложных взаимодействующих объектов.

Методологическим основанием проблемы экологического нормирования сегодня является идея построения, в тон или иной форме, эмпирической кривой «доза — эффект» путём достаточно длительного по времени измерения изменений в биоте экосистем при ее разрушении под действием изучаемых техногенных факторов. Величина норматива при этом выбирается, как одна из точек на этой кривой [2]. Главным недостатком такого подхода являются:

- очень большая трудоёмкость и время ёмкость процесса;
- неопределенность причины появления зафиксированных в эксперименте изменений биоты, т.к. при постоянной во времени величине техногенного воздействия непрерывно меняются и свойства природного объекта, воспринимающего это воздействие. Поэтому нельзя однозначно у-

верждать, что изменения в биосистеме, зафиксированные в каждый момент времени, являются результатом воздействия именно данной дозы, а не произошли вследствие продолжения развития процессов, инициированных предыдущими дозами;

- к моменту построения кривой «доза — эффект» во всем диапазоне изменений биологического объекта (от нормального состояния до полной деградации) сам объект уже перестает существовать и необходимость в его защите, как бы и отпадает. То есть, здесь возникает очевидное противоречие между необходимым и фактическим временем появления биологически обоснованной нормы для экосистемы, в пределах которой появляется техногенный объект с известным характером и уровнем экологической опасности. Если учесть, что видов техногенных воздействий — многие тысячи, и число их постоянно растет, а площадь естественной биоты Земли — ограничена и скорее уменьшается, чем возрастает, то применение такого методологического подхода вполне может привести к построению стройной системы биологически обоснованных нормативов, с помощью которых будет уже нечего охранять.

Действие этих противоречий неизбежно снижает эффективность усилий по охране окружающей среды и приводит к тому, что быстрый рост затрат на эти цели сопровождается, тем не менее, все более масштабным разрушением естественной биоты Земли [3].

Выход из данной ситуации связан с определением методологических путей создания экологических нормативов, на основе изучения законов существования и развития здоровых, не измененных техногенным воздействием экосистем и их элементов.

Так как конечной целью экологического нормирования величины техногенных возмущений биоты является сохранение условий существования биотических объектов, их структуры и биологического разнообразия, то принципиальное значение приобретает формирование представления об экосистеме, как объекте воздействия.

Огромная сложность даже самых простых экосистем и ограниченность знаний обо всей полноте внутренних отношений в них исключают реальную возможность проследить за последствиями воздействия того или иного техногенного фактора на всю глубину биологических изменений в экосистеме, хотя такие попытки и предпринимались.

В методологическом плане, формируя представление об экосистемах, как объектах, воспринимающих техногенное воздействие, необходимо иметь в виду, что мы имеем дело с системами предельно возможной сложности, как в плане количества взаимодействующих элементов, так и в характере связей, существующих между ними. Особенности поведения подобных систем таковы, что полный и однозначный прогноз изменения их состояния при возникновении внешних возмущений в принципе не реализуем. Поэтому приемлемая возможность описания изменений экосистем создается лишь на основе упрощений с неизбежно вытекающими отсюда потерями в плане общности. Сложность внутренних связей между элементами системы обычно уменьшают через замену совокупности элементов функциональным блоком с одним общим выходом и общими входами [4].

Поэтому для описания всего многообразия возможных связей, существующих в биоте экосистем, можно воспользоваться известной и достаточно простой моделью движения

энергии от продуцентов к консументам и редуцентам.

Принципиальное значение для рассматриваемой проблемы имеет то обстоятельство, что все трофические цепи начинаются с продуцентов, которые в сухопутных экосистемах представлены фотосинтезирующими растениями. Поэтому можно предположить, что перспективы самовосстановления (то есть возобновления прерванных трофических связей) экосистемы, подвергшейся техногенному воздействию, определяются степенью сохранности ее фитоценоза. Но каждое растительное сообщество, в свою очередь, представляет собой достаточно сложную систему с таким большим количеством видов, что изучить последствия техногенного воздействия горного производства на каждый из них, также практически невозможно.

Следующий шаг в направлении упрощения модели биотической составляющей экосистем, воспринимающих техногенное воздействие, можно сделать на основе предложенного академиком Ю.А. Израэлем подхода к описанию биоты через ее «...критическое звено...», которое может быть группой видов или даже единственным видом [5].

На современном уровне развития наших знаний в основу модели строения и функционирования фитоценозов может быть положено учение академика В.Н. Сукачева о фитоценоטיפах [6]. Согласно этим взглядам, структура, видовой состав и направление циклической сукцессии фитоценозов, предопределяется их эдификаторной синузией, в состав которой, даже в самых сложных растительных сообществах, входит ограниченное количество видов.

Использование такой функциональной модели биоты экосистем (рис. 2) открывает реальную возмож-

ность построения методологии оценки техногенных изменений экосистемы с высоким уровнем биологического разнообразия, через изучение этих изменений для достаточно ограниченного числа автохтонных видов-эдификаторов ее фитоценоза.

Научной основой такого методологического подхода может быть фундаментальный закон биологии о диапазоне устойчивости видов (закон лимитирующих факторов), который гласит, что «...для каждого вида существует оптимум, стрессовые зоны и пределы устойчивости по каждому средовому фактору...» и что «...даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма и в пределе — к его гибели...».

Согласно правилу В. Шелфорда, в полном диапазоне изменения абиотического фактора выделяется интервал толерантности вида к данному фактору, ширина которого включает зону оптимума и часть стрессовых зон, обратно пропорциональную ширине зоны оптимума [7]. Это означает, что биологически допустимый уровень техногенного воздействия на экосистему не должен выходить за границы диапазона толерантности видов эдификаторной синузии фитоценоза по тем жизнеобеспечивающим факторам (свет, вода, температурный режим и минеральные вещества абиоты), которые изменяются данным воздействием (рис. 3).

Вполне очевидно, что никакая модель биоты и даже самое объективное знание о масштабах и характере техногенных изменений в ней не сможет сохранить ее от разрушения. Все реальные возможности достижения этой цели сосредоточены в технологической сфере. Только путем целенаправленного выбора и создания геотехнологий можно привести уровень

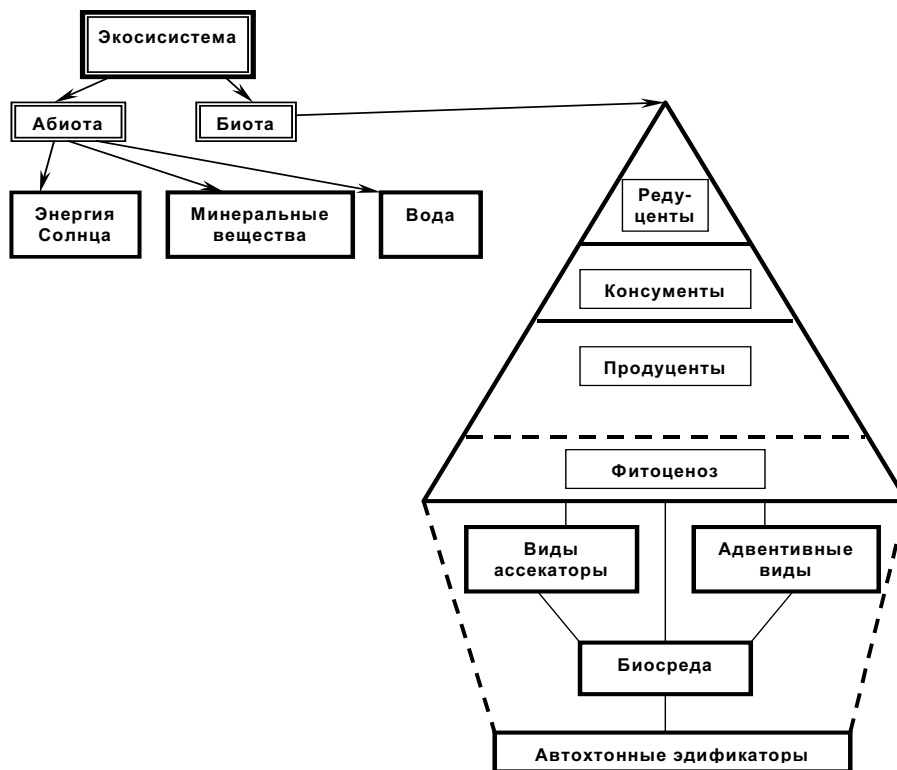


Рис. 2. Принятая модель взаимодействия элементов природных экосистем

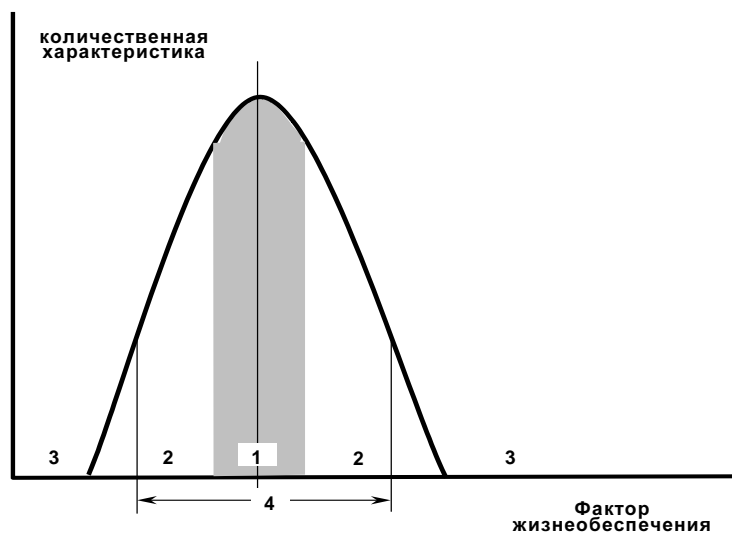


Рис. 3. Графическая интерпретация закона лимитирующих факторов

1 — зона оптимума; 2 — зона стресса; 3 — предел выживаемости; 4 — зона толерантности вида

техногенной нагрузки при освоении недр в соответствии с требованиями сохранения жизнеспособности биологических сообществ или, согласно принятой выше их функциональной модели, эдификаторной синузии их фитоценозов.

Комплексный характер техногенного воздействия горного производства в сочетании с распространенным утверждением о том, что суммарное воздействие комплекса поллютантов опаснее суммы их воздействий за счет возникновения различных побочных эффектов, является формальным препятствием для использования редуционалистских подходов к решению пограничных задач взаимодействия техно и биосферы. Но если при изучении биологических последствий действия тех или иных техногенных факторов это обстоятельство, безусловно, необходимо учитывать, то при поиске путей создания новых геотехнологий, обеспечивающих сохранность естественной биоты Земли, допущение о равенстве (или адекватности) суммарного воздействия и суммы воздействий не только приемлемо, но и просто необходимо.

Такая постановка предопределяет и методологический подход к решению геотехнологических проблем путем предельно дифференцированного рассмотрения внутренних процессов, определяющих количественные и качественные характеристики каждого техногенного фактора, оказывающего влияние на биоту экосистем,

В соответствии с существующими общими представлениями о механизме техногенного загрязнения природных систем, по характеру участия в общем процессе, выделяются три основных экологических блока:

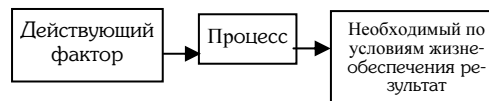
- источники загрязнений — элементы техносферы, в которых вос-

производятся техногенные вещества, поступающие в природную среду;

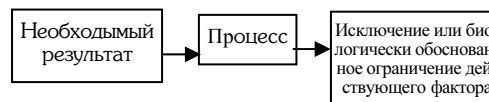
- транзитные среды, элементы абиоты экосистем, в которых происходит прием, транспортировка и частичная трансформация техногенных веществ;

- депонирующие среды — элементы биоты экосистем, в которых техногенные вещества накапливаются и преобразуются.

Исследование состояния и изменения элементов депонирующей среды должно раскрывать причинно-следственные связи этих изменений и проводиться по схеме:



В области изучения источников загрязнения среды, поиск путей снижения техногенных воздействий и действенной защиты окружающей среды при освоении недр должен строиться на основе обратной логики:



Научной основой здесь является анализ внутренней структуры геотехнологии и физической сути основных технологических процессов с целью определения причин появления тех или иных техногенных поллютантов и раскрытие механизма их превращения в факторы экологической опасности.

Важным компонентом информационной и методической базы геоэкологии является изучение поведения техногенных поллютантов горного производства в транзитных средах, В этом экологическом блоке, путем раскрытия механизмов распространения поллютантов тех или иных ком-

понентах абиоты экосистем, определяется внешняя граница зон техногенного поражения. Это, в свою очередь, позволяет определить площадь этих зон и, самое главное — конкретизировать тип биологической системы, которую необходимо защитить от данного техногенного фактора, и установить ту группу «... критических видов...» [5] эдификаторной синусии фитоценоза, по диапазону толерантности которой будет регламентироваться уровень данного вида техногенного воздействия.

Любое ограничение величины техногенного воздействия на естественную биоту Земли в методологическом плане трансформируется в понятие и величину нормы этого воздействия. Содержание этого понятия достаточно хорошо разработано в медицине на современном уровне, где существует показатель крайней патологии — гибель организма. На уровне популяции этот показатель уже не играет определяющей роли и здесь критерием патологии может служить ее неспособность воспроизводить себя в данных условиях [8]. Гораздо сложнее обстоит дело с экосистемами. Здесь угнетение или гибель отдельных видов не может быть абсолютным критерием разрушения экосистемы. Реализация любой критической ситуации ведет «...только к перестройке системы, причем возможность восстановления прежнего состояния не исключается...» [9]. Последнее утверждение выделим для себя особо, как биосистемное подтверждение правильности принятой нами трактовки экологической безопасности горного производства, через сохранение экосистемой способности к самовосстановлению [10]. В самом общем представлении, понятие нормы — частный случай категории меры. Последнюю же в экологии конкретизирует концепция критических уровней развития экосистем, под кото-

рыми понимается такое их состояние, в котором происходит ее качественная перестройка [9]. Именно не согласованность с этим фундаментальным положением и является сегодня основным внутренним противоречием существующей системы нормирования уровня техногенных воздействий на естественную биоту Земли.

Сложная структура природных экосистем и комплексный характер техногенных воздействий определяют неизбежность построения общеметодического подхода к определению пороговых ограничений при их взаимодействии на принципах редукционизма, главный из которых гласит, что свойства системы однозначно определяются свойствами ее элементов и структурой их связей. Другими словами, общий подход к разработке способов определения биологических ограничений техногенных факторов напрямую вытекает из принятого выше допущения о том, что суммарное воздействие всех факторов на биоту равнозначно по последствиям сумме этих воздействий.

В этом случае методология решения проблемы должна строиться на принципе дифференцированного рассмотрения поведения техногенных поллютантов в транзитных и депонирующих средах.

Как следует из логической схемы развития этих процессов, приведенной на рис. 4, применение любой геотехнологии сопровождается появлением каких-либо техногенных факторов (поллютантов). Распространяясь в транзитной среде, они образуют зону техногенного поражения, в границах которой экосистема испытывает техногенную нагрузку. В результате ее появления меняются значения тех или иных жизнеобеспечивающих факторов для объектов биоты, что и приводит к ее последующему нарушению (деградации).

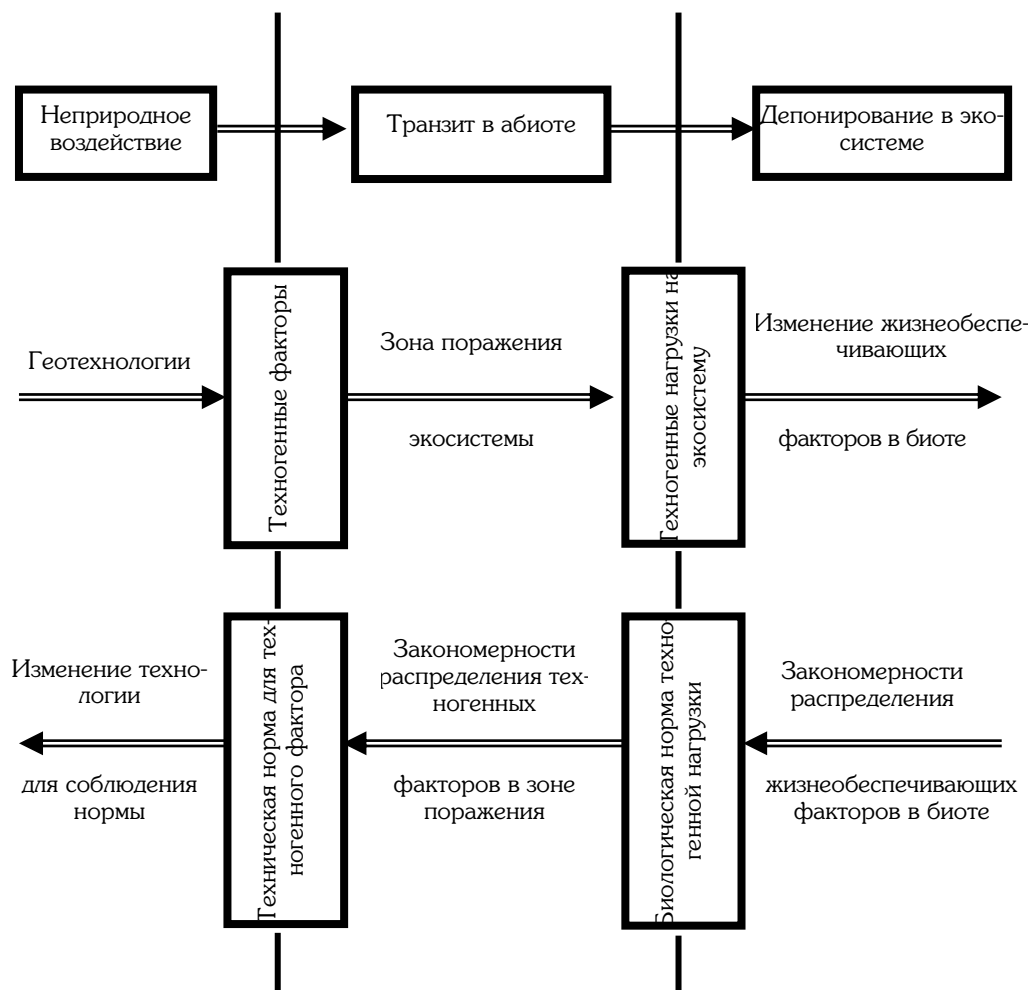


Рис. 4. Логическая схема формирования техногенных нагрузок на экосистемы и экологического нормирования их величины

Вполне очевидно, что последовательность действий по созданию регламентирующих техногенные воздействия показателей должна строиться на основе обратной логики.

В рамках принятой нами модели строения биоты экосистем устанавливаются закономерности изменения жизнеобеспечивающих факторов, затронутых техногенным воздействием, и устанавливается диапазон толерантности к нему видов эдификаторной синузии. На основе этих данных опре-

деляется биологический норматив допустимого воздействия. Но использовать этот норматив в качестве нормы технической нельзя, так как у этих двух показателей всегда разная размерность. Биологически допустимое воздействие всегда будет определено в единицах измерения этого фактора, отнесенных на единицу какого-то параметра биологического объекта. В то время, техническая норма может быть задана только в виде тех же единиц измерения техногенного фактора, но

отнесенных к единице какого-либо технологического параметра.

Так как техногенный фактор, как свойство геотехнологии, превращается в техногенную нагрузку на биоту экосистем в границах зоны поражения (рис. 4), то будет вполне правомочным методологическое положение о том, что преобразование биологической нормы в техническую должно быть основано на использовании установленных законов транзита техногенных поллютантов. В такой постановке техническая норма есть такая величина интенсивности источника техногенного воздействия, при которой ни в одной точке зоны поражения экосистемы этим воздействием не будет превышен его биологически обоснованный предел. При этом, учитывая особенности освоения недр, площадь земельного отвода под объекты технической инфраструктуры должна вычитаться из установленной площади распространения поллютанта, так как на территории земельного отвода определению не требуется со-

хранения биоты экосистем. Здесь уровень загрязненности регулируется санитарно-гигиеническими нормативами.

В заключении хотелось бы отметить, что даже самый полный мониторинг или биологически корректная методика определения допустимых воздействий на биоту не решают основной задачи — её сохранения в условиях развития технократической цивилизации. Эти действия по сути своей дают только масштаб влияния и предельную величину внешних воздействий применяемой на данном производстве технологии. Реальные же возможности сохранения естественной биоты связаны только с таким изменением внутренней структуры или физической сущности этих технологий, которые дали бы возможность осознанного управления уровнем их внешних воздействий в соответствии с требованиями толерантности реальных биологических систем к этим воздействиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубешкой К.Н., Галченко Ю.П. Человек и природа: противоречия и пути их разрешения // Вестник РАН. — 2002. — Т. 72, № 7. — С. 405—409.
2. Воробейчик Е.Л., Салыков О.Ф., Форафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. — Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. — 280 с.
3. Коптюг В.А., Матросов В.М., Левашов В.К., Демянко Ю.Г. Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России. — Дальнаука: Владивосток, 1997. — 83 с.
4. Бир Ст. Кибернетика и управление производством. — М.: Наука, 1965. — 250 с.
5. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеоиздат, 1984. — 560 с.
6. Сукачев В.Н. Основы лесной типологии и биоценологии. Избранные труды. Т. 1. — Л.: Наука, 1972. — 418 с.
7. Небел В. Наука об окружающей среде. — М.: Мир, 1993. — 420 с.
8. Салыков О.Ф. Популяционные аспекты экотоксикологии // Экотоксикология и охрана природы. — 1988. — С. 153—155.
9. Экосистемы в критических состояниях. Под ред. Ю.Г. Пузаченко. — М.: Наука, 1989. — 155 с.
10. Трубешкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. — М.: Научтехлитиздат, 2003. — 261 с. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Галченко Ю.П. — доктор технических наук, чл.-корр. РЭА (ИПКОН РАН), e-mail: info@ipkonran.ru.