

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ – ЛОКАЛЬНЫЙ ОТВЕТ НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ

© 2023 г. К. Н. Трубецкой^{a,*}, Ю. П. Галченко^{a,**}, Г. В. Калабин^{a,***}

^aИнститут проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН, Москва, Россия

*E-mail: krasavin_08@mail.ru

**E-mail: schtrek33@mail.ru

***E-mail: kalabin.g@gmail.com

Поступила в редакцию 29.06.2022 г.

После доработки 21.09.2022 г.

Принята к публикации 10.10.2022 г.

В статье рассмотрены внутренние противоречия, влияющие на взаимодействие техно- и биосферы при интенсификации освоения недр. Обоснована необходимость своевременной экологизации технологической парадигмы развития недропользования как одного из основных элементов техно-сферы и закономерного перехода к новому технологическому укладу, соответствующему особенностям постиндустриального общества. Обозначены причины современного системного экологического кризиса, связанные с антагонистической формой взаимодействия человека и природы. Преодолеть этот кризис можно путём поэтапной экологизации технологической парадигмы в целом и недропользования в частности. Массовое использование природоподобных технологий способствует модернизации технологического уклада. Именно такая форма революционного преобразования открывает пути для налаживания коэволюционного взаимодействия системных антагонистов – человека и живой природы Земли – на основе принципов параллельного неразрушающего развития.

Ключевые слова: технологическая парадигма, техносфера, недропользование, экологизация, технологический уклад, ядро технологического уклада, экологический кризис, природоподобные технологии, конвергентные горные технологии.

DOI: 10.31857/S0869587323010103, EDN: ENJENA

Быстрое нарастание глобального экологического кризиса, сопровождающееся увеличением затрат на сохранение природы, выдвинуло на первый план проблемы взаимодействия или противостояния человека и естественной биоты. Неслучайно именно сейчас, на очередном этапе

стремительного преобразования антропосферы, когда масштаб техногенного разрушения природных экосистем приблизился к порогу очевидной необратимости, человечество вдруг с удивлением и беспокойством осознало, что наш “космический корабль” – планета Земля – не так уж велик,



ТРУБЕЦКОЙ Климент Николаевич – академик РАН, главный научный сотрудник ИПКОН РАН. ГАЛЧЕНКО Юрий Павлович – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ИПКОН РАН. КАЛАБИН Геннадий Валерианович – доктор технических наук, главный научный сотрудник ИПКОН РАН.

как это казалось совсем недавно, и что его ресурсы совсем не безграничны. Появилось ясное понимание того, что в рамках текущей модели индустриального развития защита и сохранение природной среды носят характер борьбы со следствиями, а не с причинами. Поэтому всепоглощающий системный кризис – это не угроза экономическому благополучию, а прямое указание человечеству на угрозу выживанию и необходимость незамедлительных действий. Исходя из известного понятия парадигмы как идеи или концепции, определяющей взаимонаправленность всех элементов развивающейся системы [1, 2], содержание и целевую функцию любой технологической парадигмы современной технократической цивилизации, базирующейся на идеях безграничного роста потребления, можно определить как обеспечение растущего количественного и качественного уровня потребления общества за счёт использования ресурсов геосфер Земли с минимальными затратами и максимальной прибылью.

Из-за несоответствия между поступательным развитием научных исследований и выраженной инерционностью при обновлении технологической основы производства процесс качественной перестройки техносферы (в рамках действующей технологической парадигмы) протекает неравномерно. Впервые эти закономерности подметили основоположники общепринятой сегодня гипотезы (а может быть, теории) больших экономических циклов Н.Д. Кондратьев и Д.И. Опарин. По их мнению, научно-технический прогресс протекает в виде последовательной смены экономических циклов, каждый из которых продолжается 50–55 лет и характеризуется определённым для данного цикла уровнем развития производительных сил (или технологическим укладом) [3]. Ведущими исследователями данной проблемы стали такие известные учёные, как К. Перес, академики РАН Д.С. Львов и С.Ю. Глазьев, а в области недропользования – член-корреспондент РАН Д.Р. Каплунов. Согласно сложившимся сегодня представлениям, *технологический уклад* – это совокупность освоенных обществом сопряжённых производств (или технологий), имеющих одинаковый интеллектуальный (когнитивный) уровень и развивающихся синхронно на определённом этапе исторического развития (экономическом цикле) [4].

Неравномерный ход научно-технического прогресса обусловлен последовательностью экономических циклов, заканчивающихся кризисом производства. Выход из каждого кризиса связан с формированием нового технологического уклада и поэтапным переходом производительных сил на более высокий уровень (табл. 1) [5–7]. Когнитивный анализ внутреннего содержания характерных для каждого уклада технологий показыва-

ет, что на всех этапах развития целевая функция технологической парадигмы, отражающая приоритет экономического императива, остаётся без изменений. Это означает, что все природоохранные задачи решаются по остаточному принципу – как система последствий, снижающих уже достигнутые технико-экономические показатели. Проблемы же экологии, возникающие в результате фундаментального антагонистического противоречия между биологической сущностью человека и абиологическим способом получения им энергии Солнца, не решаются вообще и только накапливаются при каждой очередной смене укладов. Поэтому кризисы производства, инициировавшие эту смену, всегда обретают форму кризисов экологических, когда уровень и структура потребления растущей антропосферы перестают соответствовать ресурсным возможностям той или иной геосферы планеты (табл. 2).

Из таблиц также следует, что на стадии формирования IV и V технологических укладов экологический кризис биосферы трансформировался в интегральный кризис геосфер, при котором опасным техногенным изменениям одновременно подвергаются все естественные геосферы Земли. Становится всё более очевидным, что в рамках действующей технологической парадигмы, отражающей безраздельное господство идеологии неограниченного роста потребления, все попытки преодоления текущих кризисов монетаристскими методами безуспешны, а выход из затянувшегося противостояния с природой путём инновационного преобразования технологических укладов уже невозможен. Необходима совсем другая идеология технологического развития всех компонентов антропосферы, которая учитывала бы не только потребности человека, но и условия долговременного устойчивого развития и сохранения естественной биоты.

Ещё в XIX в. русский философ Н.Ф. Фёдоров в своих трудах отмечал, что для создания модели цивилизации, не убивающей природу, нужны не только обширные знания, но и совершенно новая нравственность. Категорически отвергая идеи Ф. Бекона о тождественности понятий покорения природы и власти над ней, он считал, что вмешательство власти в естественный ход природных процессов должно обеспечивать не только процветание человека, но и сохранение живой природы [10]. Но только в 1987 г. Всемирная комиссия ООН по окружающей среде и развитию, наконец, подняла вопрос о необходимости ускоренного поиска альтернативной модели развития цивилизации, опубликовав доклад “Наше общее будущее”. Именно в нём был впервые обозначен принцип “sustainable-development”, соответствующий по своему смыслу *поддерживающему или сбалансированному развитию*. В России этот принцип определён как *устойчивое развитие*, ко-

Таблица 1. Качественная структура и этапы развития технологических укладов [8]

Период	Население Земли	Уклад	Характерные технологии
1 млн лет назад	125 тыс.	–	Собирательство биопродуктов и охота
300 тыс. лет назад	1.1 млн		Технологии на основе мускульной энергии человека и домашних животных
2 тыс. лет назад	300 млн		
1700–1835	3.3 млрд	I	Развитие мануфактур и водного транспорта с применением технологий, использующих энергию ветра и воды
1830–1890	5.8 млрд	II	Активное совершенствование железнодорожного и водного транспорта на базе паровых машин, широкое применение паровых машин в промышленности
1890–1945	6.3 млрд	III	Применение электрической энергии, подъём тяжёлого машиностроения и электротехнической промышленности на базе применения стального проката и новейших изобретений в химической области. Развитие радиосвязи, телеграфа, рост автомобильной промышленности. Укрупнение фирм, картелей, синдикатов и трестов, усиление позиций монополий на рынках, формирование структуры банковского и финансового капитала
1950–2010	7.85 млрд	IV	Подъём энергетики с применением нефти и нефтепродуктов, газа, средств связи, новых синтетических материалов. Развитие крупномасштабного выпуска автомобилей, тракторов, самолётов, разных видов вооружения, товаров народного потребления. Широкое внедрение компьютеров и программных продуктов. Применение атомной энергии как в военных, так и в мирных целях, преобладание конвейерных технологий. Образуются транснациональные и межнациональные инвестиционные компании
2010–2021 гг. и позднее	7.95 млрд	V	Успехи в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, геномной инженерии, применении новых форм энергии, материалов, освоения космического пространства, спутниковой связи и т.п. Переход от отдельных фирм к целостной сети разномасштабных фирм, соединяющихся с помощью Интернета

торое позволяет удовлетворить потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу возможность будущих поколений удовлетворять свои собственные нужды [11].

Рассматривая условия и перспективы разработки стратегии устойчивого развития нашей страны [12], академик РАН В.А. Коптюг показал, что успешная реализация новых идей возможна в том случае, если национальная стратегия перехода на новое направление будет формироваться как интегральное единство локальных (в нашем представлении – отраслевых) стратегических решений [13–15]. Эта идея была позже описана в работе [16] как принцип иерархической организации биосферного пути развития технократического общества.

Таким образом, актуальной задачей отечественной науки становится “обеспечение воз-

можности эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учётом взаимодействия человека и природы, человека и технологий” за счёт опережающих фундаментальных исследований и динамичной реализации полученных новых знаний [17, с. 8–10]. Экологическая составляющая этой идеологии – принцип защиты природной среды, который подразумевает обязательное сохранение естественной биоты Земли при любых путях трансформации технократического общества.

Постоянное увеличение темпов научно-технического прогресса и стремительное развитие информатики приближают современную цивилизацию к определённой точке (сингулярности), за которой прогнозирование основных показателей прогресса в рамках действующих взаимоотношений человека и природы становится практически невозможным. Необходима актуализация

Таблица 2. Этапы развития и содержание экологических кризисов [4, 8, 9]

Период	Событие	Предмет озабоченности	Направление усилий по решению
1 млн лет назад	Развитие сообщества <i>Homo habilis</i>	Расширение области обитания	Совместная эволюция с естественной биотой
300 тыс. лет назад	Появление <i>Homo Sapiens</i> и развитие сообщества	Перепромысел животных (кризис консументов)	Антагонистические противоречия и переход к земледелию
2 тыс. лет назад	Развитие земледелия как основы экономики	Низкая эффективность примитивного земледелия (первый кризис продуцентов)	Переход к поливному земледелию
1700–1900	Промышленная революция (первая и вторая)	Перепромысел растительного материала для энергетических целей (второй кризис продуцентов)	Использование энергии воды и начало перехода к ископаемым источникам энергии
1900–1990	1-я Международная конференция ООН по окружающей среде и развитию (Стокгольм, 1972 г.)	Масштабное загрязнение природы в связи с ускорением технического прогресса (кризис редуцентов)	Создание систем очистки всевозможных выбросов; технология замкнутого цикла и безотходного производства
	Доклад Международной комиссии ООН по окружающей среде и развитию “Наше общее будущее” (1987)		
1992–2002	2-я Международная конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.)	Системное и глобальное разрушение природных экосистем, появление признаков необратимости разрушения биоты (кризис геосфер)	Реализация концепции устойчивого развития, на основе принципов коэволюции антагонистов
	3-я Международная конференция ООН по окружающей среде и развитию (Йоханнесбург, 2002 г.)	Отсутствие системы оценок эффективности усилий по охране природы (кризис геосфер)	Разработка и внедрение концепции экоэффективности
2011 г. и позднее	Конференции ООН по изменению климата (Париж, 2011 г.; Глазго, 2021 г.)	Быстрое изменение климата в масштабах всей планеты (кризис геосфер)	Стабилизация монетаристскими методами концентрации парниковых газов в атмосфере Земли

новых механизмов обеспечения технологической эффективности и сохранения природы. Однако при очевидном антагонистическом взаимодействии био- и техносферы, когда абсолютная доминанта интересов одной стороны означает полное прекращение существования другой, часто предлагаемый мутуализм как взаимовыгодное сосуществование никак не подходит в качестве функциональной модели. Это, скорее, система “хищник–жертва”, когда не биосфера переходит в ноосферу, а ноосфера необратимо поглощает при своём развитии биосферу, кардинально изменяя структуру занимаемой ею территории за счёт полного уничтожения части естественной

биоты и создания антропогенных или природно-технических систем различного назначения. При такой форме конфликта между природой и человеком совместное их существование возможно только при реализации принципа равных возможностей для развития техно- и биосферы. Этот принцип назван академиком Н.Н. Моисеевым “стратегией коэволюции” антагонистических по своему внутреннему содержанию систем [18].

Вполне очевидно, что в сфере недропользования переход к этой стратегии не позволит полностью преодолеть обозначенное выше глобальное противоречие, но вполне реально придать ему неразрушительную для живой природы форму при

интенсивном развитии минерально-сырьевого комплекса за счёт создания геотехнологий с управляемым внешним воздействием. Поэтому в методологическом плане требования по экологической безопасности должны предъявляться не к отдельным операциям или процессам, а закладываться в перспективную общетеchnологическую парадигму таким образом, чтобы сохранение естественной природной среды стало неотъемлемым свойством геотехнологий.

Если обратить внимание на многочисленные решения и резолюции всемирных экологических форумов (см. табл. 1, 2), то можно заметить постоянное упоминание скрытых и явных противоречий, существующих в современной системе регламентации и организации природоохранной деятельности, а также призывы к кардинальному сокращению экологических нагрузок на природную среду, то есть к соответствующему изменению технологий, применяемых в хозяйственной деятельности. Такая озабоченность общества — своего рода признание необходимости экологизации общей технологической парадигмы антропосферы в постиндустриальный период, когда экономический императив при принятии решений должен уступить первенство императиву экологическому. Тогда содержание постиндустриальной технологической парадигмы можно определить как обеспечение достаточного уровня потребления общества за счёт использования ресурсов геосфер Земли на основе стратегии коэволюции антагонистических систем техно- и биосферы. Трансформация парадигмы в техносферу приведёт к формированию постиндустриального технологического уклада.

Анализ тенденций развития экологического кризиса геосфер позволяет также сделать некоторые выводы о направлениях перспективных исследований в рассмотренной области. Во-первых, необходим поиск альтернативы действующей в последние десятилетия идеологии глобального эволюционизма человека и природы и формирование нового экологического мировоззрения, основанного на идеях их антагонистического единства [18]. Во-вторых, первостепенное значение приобретает создание дифференцированных методологических подходов и методов решения экологических задач для каждого из различных сочетаний типов биоты и сфер человеческой деятельности. В-третьих, разработка принципов создания геотехнологий, обеспечивающих получение необходимого человеку минерального сырья, должна учитывать геологически предопределённую дислокацию месторождений полезных ископаемых в различных биотопах, а также ограниченность запасов и времени разработки каждого из них и поэтому строиться на основе ограничений, определяемых условиями естественного са-

мовосстановления биоты на всей площади её техногенного поражения.

Использование при решении проблем методов структурно-функционального анализа позволяет выявить характеристики новой концепции развития техносферы, которая формируется как сложная открытая система, включающая в себя три взаимосвязанных элемента: когнитивный, технико-экономический и управленческий. Первые два легко трансформируются в природно-технологическую систему производства. Её структура (в соответствии с основными положениями теории когнитивного резонанса) формируется при встраивании биогенной информации в существующую систему знаний о технологии [19].

На протяжении сотен миллионов лет растения и животные развивались, преобразовались и приспособлялись к всевозможным изменениям условий своего существования. В результате методом эволюционных проб и ошибок в них были закреплены удивительные по своей простоте и эффективности признаки, обеспечивающие устойчивое развитие сложнейших по структуре и характеру взаимодействия биологических сообществ. Подражание замечательным способностям животных и уникальным возможностям биологических систем выступает сегодня одним из новейших направлений научного поиска в стремлении человека усовершенствовать мир на основе принципиально новых подходов в области промышленных технологий.

Предвосхищая современные проблемы задолго до их появления, академик В.И. Вернадский сформулировал “ноосферную” задачу по встраиванию технологических процессов в циклы естественного оборота вещества в биосфере с целью обеспечения их неразрушающего взаимодействия [20]. Очевидно, что решение этой глобальной задачи возможно только путём создания и применения технологий с новыми свойствами, обеспечивающими сохранение циклов естественного оборота вещества. Именно такие технологии должны составить основу нового постиндустриального технологического уклада. Отсюда следует, что технологические ответы на экологические вызовы следует искать в изучении тех систем, где эти ответы уже получены — в системах биологических.

Развитие техносферы как основы современной цивилизации определяется простой функциональной триадой “знание—умение—результат” (или “наука—технология—продукт”). Качественная характеристика этих элементов становится понятной при её рассмотрении в обратном порядке: необходимые для нас свойства продукта предопределяют внутреннее содержание технологии, а оно в свою очередь указывает на то, какую именно часть общего знания мы должны ис-

пользовать при создании данной технологии. Поэтому популярное сегодня словосочетание “природоподобные технологии” надо трактовать не как набор каких-то необычных технологий, а как определение вектора приложения поисковых усилий и как указание на то, что новые пути целенаправленного преобразования технологий мы намерены найти с помощью знаний о живой природе. Известно, что в общем виде технология представляет собой практическое применение знания для создания методов производственной деятельности [21, 22]. Тогда природоподобными следует считать технологии, создание и развитие которых происходит на основе знаний о живой природе. Это всеобъемлющее понятие легко можно разделить на две части по внутреннему содержанию технологий: поиск “природоподобных” решений для технологий, имеющих аналоги в живой природе и не имеющих их.

В первом случае речь идёт о том, что инновационное развитие определённой группы технологий основано на дублировании уже существующих в живой природе процессов. Это направление имеет достаточно длинную историю, которая, видимо, берёт начало с момента появления бионики. Здесь имеются и серьёзные результаты, и огромные перспективы, которые будут постоянно расширяться по мере углубления наших знаний о материальном мире [23, 24]. Такие технологии можно назвать *природовоспроизводящими*, построенными на основе воспроизводства процессов, обеспечивающих существование живых существ в составе биоты природных экосистем. Признавая очевидную безграничность возможностей развития и реализации этого подхода, следует указать и на его ограниченность, так как человек, обретая в ходе эволюции разум, продолжил своё дальнейшее развитие вне естественного баланса солнечной энергии. Именно поэтому фундаментом созданной на этом пути технократической цивилизации стали процессы и технологии, у которых нет и не может быть прямых аналогов в живой природе. В эту группу попадают практически все технологии, создающие на территориях, которые ранее занимала естественная биота, искусственную среду обитания человека. Речь идёт о добыче минеральных ресурсов (в том числе энергетических), первичной переработке добытого сырья и металлургии, обработке металлов, строительстве, всех видах транспорта, машиностроении и т.д. В данном случае целью поиска становится не какая-то отдельная технология, а форма экологически сбалансированного (коэволюционного) взаимодействия антагонистических компонентов при развитии единой природно-технической системы.

Так как развитие — это процесс имманентный и его источник заключён в самой развивающейся системе, становится очевидным, что полезные

свойства природно-технических систем в целом будут полностью диктоваться принципами функционирования входящих в неё элементов. Из этого следует, что основным направлением поиска путей эффективного и экологичного развития является трансформация в геотехнологию тех элементов функциональной структуры равновесных биологических систем, которые обеспечивают их экологическую чистоту и безотходность. Применительно к проблемам недропользования здесь можно говорить о создании технических систем с новыми качествами благодаря их функциональному сближению (конвергенции) с биологическими системами, которые уже обладают ими. Согласно классической теории и основным теоремам подобия, такая форма переноса информации предусматривает возможность изменения масштабного фактора при полном сохранении идентичности процесса или явления.

Второй тип природоподобных технологий — *конвергентные*, когда антропогенные процессы взаимодействуют между собой в биоподобной функциональной структуре. Учитывая антагонистический характер противоречий между техно- и биосферой, общую методологию решения этой проблемы целесообразно строить на основных положениях гомеостатики о способах поддержания жизненно важных параметров взаимодействующих систем путём управления противоречиями. Такой подход даёт возможность синтеза противоположностей в рамках единой функциональной системы. Применительно к проблеме противостояния человека и природы это означает, что они сосуществуют в единой системе, которая обеспечивает параллельное неразрушающее развитие антагонистов за счёт ограничения уровня техногенных воздействий диапазоном толерантности структурирующих элементов биоты нарушаемых экосистем.

С помощью методов *гомеостатической трансформации* достаточно просто перейти от анализа принципов функционирования равновесных биологических систем к синтезу функциональной структуры горных технологий, экологические последствия применения которых будут сбалансированы с локальной устойчивостью естественной биоты, воспринимающей техногенную нагрузку. Методы гомеостатики допускают перенос биологической информации в техносферу путём поэтапного формирования геотехнологического гомеостата на основе структуры гомеостата биологического с заменой содержательных элементов на геотехнические целевые аналоги. Это позволяет синтезировать противоположности в виде построения природно-технической системы промышленного производства, в которой за счёт создания и применения технологий, построенных по биотическим функциональным принципам и ограниченных по внешнему воз-

действию условиями выживания и самовосстановления биологических систем, были бы разрешены противоречия между биотой и техносферой. Техническая составляющая такой системы должна отвечать требованиям принципов, обеспечивающих экологическую сбалансированность функционирования систем естественной биоты.

Идея о возможности создания конвергентных технологий для добычи твёрдых полезных ископаемых была впервые выдвинута в Институте проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН, когда при проведении цикла фундаментальных исследований по гранту РФФИ № 96-05-4784а была разработана и теоретически подтверждена гипотеза о том, что уровень экологической безопасности техногенной геосистемы по отношению к биологической системе пропорционален степени единообразия принципов функционирования обеих этих систем.

В результате последующих поисковых и фундаментальных исследований были определены биотехнологические принципы построения конвергентных горных технологий, совместная реализация которых позволит структурировать во времени и пространстве процесс извлечения из недр полезных ископаемых в полном соответствии с ограничениями экологического императива и устойчивого развития. Основным элементом исполнительной структуры нового типа горной технологии выступает природно-техническая система освоения запасов месторождения, в свою очередь объединяющая два полиобъектных кластера, каждый из которых концентрирует усилия в разных направлениях [25]. Первый, *производственно-технический*, имеет своей целью эффективную и безопасную добычу полезного ископаемого, а второй, *природоохранный*, формируется как система действий и ограничений по предотвращению необратимых экологических последствий от неизбежного локального разрушения литосферы. Каждый из этих кластеров состоит из монокластеров низшего порядка, которые формируются из функциональных систем различного назначения.

Взаимодействие этих составляющих, как и в каждой сложной системе, определяется тем, что одна является управляющей, а другая — исполнительной. Исполнительная (в нашем случае — техническая) реализует основную функцию системы — добычу полезного ископаемого, а управляющая — регулирует её проведение с учётом изменяющихся условий среды и требований сохранения естественной биоты. Пути практического применения данных принципов обусловлены морфологическим типом рудных тел. Для месторождений твёрдых полезных ископаемых выделяют три типа: изотермические, уплощён-

ные (пласты, жилы, линзы) и вытянутые (трубко- и столбообразные) рудные тела [26]. Для каждого типа рудных тел разработаны базовые варианты геотехнологий, на основе которых могут быть выбраны конкретные решения для реальных отработываемых месторождений [27–29]. Для изотермических рудных тел большой мощности предложена каркасная и сотовая схемы конвергентной горной технологии [30–33]. Для месторождений жильного типа — схемы построения геотехнологии с выемкой руды прирезками по простиранию рудных тел крутого и пологого падения [34, 35]. Для разработки трубкообразных рудных тел созданы схемы конвергентной горной технологии с выемкой руды вертикальными слоями с закладкой, которые, в зависимости от наличия флюидонесущих горизонтов, предусматривают опережающее возведение оконтуривающего искусственного массива [36, 37].

Переход к конвергентным горным технологиям сформирует новую, экологически сбалансированную технологическую парадигму развития недропользования и определит тем самым структуру очередного технологического уклада, обеспечивающего преодоление локального экологического кризиса в минерально-сырьевой сфере.

Современная парадигма технологического развития антропосферы, действующая в условиях абсолютных приоритетов экономического императива, не имеет потенциала к преодолению бурно развивающегося системного экологического кризиса, порождённого антагонизмом техно- и биосферы. В периоды доминирования индустриальных технологических укладов максимальное насыщение нужд общества потребления обеспечивалось технологиями, в которых экологические задачи решались по остаточному принципу — как система последствий, ухудшающих уже полученные экономические показатели. Становится всё более очевидным, что в рамках действующей технологической парадигмы, отражающей безраздельное господство идеологии неограниченного роста потребления, все попытки преодоления текущих кризисов монетаристскими методами безуспешны, а выход из противостояния с природой путём инновационного преобразования технологических укладов в рамках прежней парадигмы уже невозможен. При такой форме конфликта между природой и человеком ответом на глобальные вызовы может стать экологизация технологической парадигмы на основе природо-подобных технологий.

Локальные экологические противоречия недропользования решаются с помощью сбалансированного взаимодействия природных и технических систем в режиме параллельного не-

разрушающего развития антагонистов. Это осуществляется путём создания и применения конвергентных горных технологий, позволяющих либо устранить техногенные воздействия на естественную биоту, либо ограничить их условиями постэксплуатационного самовосстановления эдификаторной группы видов фитоценозов природных экосистем. Реализовать новую технологическую парадигму недропользования можно путём установления постиндустриального технологического уклада, ядром которого должны стать природоподобные технологии всех типов (с учётом ведущей роли конвергентных горных технологий), составляющих материальную и энергетическую основу существования экологически сбалансированного перспективного развития современной технократической цивилизации.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках государственного задания FMMS-2021-0001 Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Калмыкова О.М.* Технологические парадигмы XX века // Гуманитарные и социальные науки. 2012. № 4. С. 6–19.
2. *Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П.* Человек и природа: противоречия и пути их разрешения // Вестник РАН. 2002. № 7. С. 405–409; *Trubetskoi K.N., Galchenko Yu.P.* Humans and Nature: Contradictions and Ways of Dealing with Them // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2002. № 3. P. 283–287.
3. *Кондратьев Н.Д., Опарин Д.И.* Большие циклы конъюнктуры. Доклады и их обсуждение в Институте экономики. М., 1928.
4. *Лопатников Л.И.* Экономико-математический словарь. М.: Наука, 1979.
5. *Перес К.* Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания / Пер. с англ. Ф.В. Маевского. М.: Дело, 2011.
6. *Львов Д.С., Глазьев С.Ю.* Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы. 1986. № 5. С. 793–804.
7. *Каблов Е.Н.* Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. 2010. № 4. С. 24–35.
8. *Загидуллина Г.М., Соболев Е.А.* Технологические уклады, их роль и значение в развитии инновационной экономики России // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (30). С. 9–18.
9. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование. М.: Мысль, 1990.
10. *Фёдоров Н.Ф.* Сочинения. М.: Мысль, 1982.
11. State of the world 1994, a world watch institute report on progress towards a sustainable. N.Y., London: W.W. Norton and Co., 1995.
12. Концепция перехода Российской Федерации на модель устойчивого развития // Зелёный мир. 1995. № 7.
13. *Коптюг В.А.* Итоги конференции ООН по окружающей среде и развитию / Избранные труды. Т. 4. М.: Наука, 2006. С. 312–324.
14. *Коптюг В.А., Матросов В.М., Левашов В.К., Демянко Ю.Г.* Устойчивое развитие цивилизации и место в ней России: проблемы формирования национальной стратегии // Избранные труды. Т. 4. М.: Наука, 2006. С. 453–497.
15. *Коптюг В.А.* Возможна ли разработка стратегии устойчивого развития России в настоящее время? Лекции 25.09.1996 г. / Избранные труды. Т. 4. М.: Наука, 2006. С. 440–452.
16. *Панов В.В.* Теоретические основы экологии и рационального природопользования. Тверь: Изд-во ТГТУ, 2009.
17. Государственная программа “Научно-технологическое развитие Российской Федерации” (Постановление Правительства РФ от 29.03.2019 г. № 377). <http://static.government.ru/media/files/AAVpU2sDAvMQkIHV20ZJZc3MDqcTtxt8x.pdf>
18. *Моисеев Н.Н.* Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990.
19. *Хмельёв В.Л., Кондрасюк В.А.* Коммуникативные стандарты интенсивности когнитивного резонанса // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 390. С. 66–72.
20. *Вернадский В.И.* Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-Пресс, 2007.
21. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / Под ред. К.Н. Трубецкого. М.: АГН, 1997.
22. *Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н.* Принципы проектирования и выбор технологий освоения недр, обеспечивающих устойчивое развитие подземных рудников // Горный журнал. 2017. № 11. С. 52–59.
23. *Ковальчук М.В., Нарайкин О.С., Яцишина Е.Б.* Природоподобные технологии: новые возможности и новые вызовы // Вестник РАН. 2019. № 5. С. 455–465; *Koval'chuk M.V., Naraikin O.S., Yatsishina E.B.* Naturelike Technologies: New Opportunities and New Challenges // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. № 2. P. 157–166.
24. *Крайзмер Л.П.* Бионика. М.: Госэнергоиздат, 1962.
25. *Мандель И.Д.* Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988.
26. *Григорьев В.М., Оникиенко Л.Д., Пилипенко Г.Н., Яковлев П.Д.* Лабораторный практикум по геологии полезных ископаемых. М.: Недра, 1992.
27. *Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И.* Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. М.: Научтехлитиздат, 2003.
28. *Галченко Ю.П., Сабянин Г.В.* Проблемы геотехнологии жильных месторождений. М.: Научтехлитиздат, 2011.
29. *Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П.* Природоподобная технология комплексного освоения недр — проблемы и перспективы. М.: Научтехлитиздат, 2020.

30. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Патент РФ № 2379513 “Способ подземной разработки месторождений твёрдых полезных ископаемых”.
31. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Патент РФ № 2445459 “Способ подземной разработки мощных месторождений”.
32. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Патент РФ № 2448249 “Способ подземной разработки мощных залежей полезных ископаемых”.
33. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Патент РФ № 24033388 “Способ подземной разработки соляных пластов”.
34. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Патент РФ № 2487998 “Способ подземной разработки жильных месторождений”.
35. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В., Шуклин А.С. Патент РФ № 2441163 “Способ подземной разработки пологих и наклонных рудных тел малой и средней мощности”.
36. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Патент РФ № 2386813 “Способ комбинированной разработки кимберлитовых трубок”.
37. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Патент РФ № 2444625 “Способ разработки трубообразных и мощных рудных тел”.