

# Геоэкологический прогноз: поиск баланса и гармонии

Geocological forecast: search for balance and harmony

doi 10.26310/2071-3010.2021.278.12.010



**Б. И. Кочуров,**  
д. геогр. н., профессор,  
Институт географии РАН, г. Москва  
✉ camertonmagazin@mail.ru

**B. I. Kochurov,**  
doctor in geographical sc.,  
Institute of geography, Russian academy  
of sciences, Moscow



**В. В. Черная,**  
к. геогр. н., доцент, кафедра медицины  
катастроф и скорой медицинской помощи,  
РязГМУ Минздрава России, г. Рязань  
✉ harmony19721911@gmail.com

**V. V. Chernaya,**  
PhD in geographical sc., assistant professor,  
chair of disaster medicine and emergency  
ambulance, RSMU of the Ministry of health of  
the Russian Federation

Мировое сообщество, наука находятся на сложном и драматическом этапе развития в поиске пути дальнейшего развития человеческого общества.

Проблемы взаимоотношения природы, общества и экономики стали приоритетными для географии и других наук. Перед географией поставлена задача огромной значимости (новая платформа глобализации) — прогноз будущего человеческого общества.

Цель работы — определение необходимых траекторий, чтобы география совместно с геоэкологией, сумела создать заслуживающие доверия прогнозы и модели будущего человеческой цивилизации, стала драйвером осязаемых позитивных перемен.

Геоэкологическое прогнозирование заставляет человеческое сообщество пересмотреть сложившиеся модели развития и заняться созданием разумного общества в будущем. Необходимые устои миропорядка должны быть основаны на принципах согласованности, коэволюции, сотворчества, сбалансированности и гармонии.

The world community and the science are at a difficult and dramatic stage of development in search of a way to the human society further development.

The problems of the relationship between nature, society and the economy have become a priority for geography and other sciences. Geography is faced with a task of great importance (a new platform of globalization) — the forecast of the human society future.

The purpose of the work is to determine the necessary trajectories so that geography, together with geocology, could create credible forecasts and models of the human civilization future, and become a driver of tangible positive changes.

Geocological forecasting forces the human community to reconsider the existing development models and engage in the creation of a reasonable society for the future. The necessary foundations of the world order should be based on the principles of coherence, co-evolution, co-creation, balance and harmony.

**Ключевые слова:** география, геоэкологический прогноз, геоэкосоциосистема, ноосфера.

**Keywords:** geography, geocological forecast, geocosociosystem, noosphere.

## Основная часть

Наука, как и ее составная часть — география всегда была главным фактором развития общества и определяла успехи в развитии цивилизации и стран. От нее зависел уровень технологического вмешательства в природу и правильность стратегии развития той или иной социальной системы [1-3].

Анализируя историю человечества, следует признать, что, несмотря на громадные успехи науки последних лет, в XXI век мы вступили с огромным количеством проблем, острота которых к настоящему времени достигла критического уровня. Среди них особую значимость приобрела проблема выживаемости человечества, как вида. Во весь рост встал вопрос, действительно ли наука, и, в частности, география являются «поводырем» прогресса. История природопользования наводит на грустные размышления: с момента возникновения человечества несколько цивилизаций, в развитии которых активное участие принимала наука того времени, исчезли с лица Земли. Неужели уроки прошлого не пошли нам на пользу, и мы по-прежнему готовы повторять те же ошибки. Все это означает, что разработка стратегического прогноза будущего, в котором значительное место занимает геоэкологический прогноз, становится задачей крайне необходимой и актуальной. Нужна серьезная под-

держка фундаментальной науки, и географии в том числе, так как только они могут правильно расставить ориентиры дальнейшего развития.

## Методические подходы в геоэкологическом прогнозировании

Основу геоэкологического прогноза составляет представление объекта как сложной самоорганизующейся (активной) системы, жизнеспособность которой обеспечивается за счет репродуктивности (восстановления) ее структуры, которая адекватно имитируется фракталом — самоподобным множеством [4-6].

Различают геосистемы по уровню иерархии и организации: микро-, мезо-, макро- и глобального уровня. Исходя из этого, можно рассматривать системы разного уровня, изменяя их масштаб в пространстве и во времени (для удобства их «сворачивать» или «разворачивать»). В математике для этого действия вводится определение фрактальности, как меры системной сложности объектов и систем. Данный подход, применительно к геоэкологическому прогнозу сложных природно-экономических систем на наш взгляд является наиболее приемлемым. Как известно, любая динамическая система, равно как и геосистема, обладает открытостью и функционирует в характерных для нее лимитах достаточности воздействующих

факторов, в пределах активности которых, геосистема не утрачивает своей устойчивости. Благодаря саморегуляции поддерживается гомеостаз геосистемы, под которым понимается ее способность поддерживать устойчивое динамическое равновесие в меняющихся условиях окружающей среды [5, 8, 9].

В гомеостазе геосистема достигает наибольшей эффективности функционирования. По мере приближения воздействующей нагрузки к лимитирующим показателям устойчивости, эффективность функционирования геосистем резко снижается, и геосистема переходит в режим самосохранения. При этом гомеостаз сменяется неустойчивым равновесием и в геосистеме происходят необратимые морфологические изменения.

Нарушение естественного самовосстановления геосистемы устанавливается через предельно допустимую нагрузку (ПДН), под которой понимается, формирующаяся в процессе хозяйственной деятельности, нагрузка, которая не нарушает устойчивость (гомеостаз экосистемы) [7, 10, 11]. Достижение ПДН равноценно состоянию бистабильности геосистемы, при котором уровень внешнего воздействия, например, шумовое загрязнение сравнивается с пределом его биотической компенсации  $R=P$ , когда самовосстановление геосистемы прекращается (рис. 1).

Для таких сложных геосистем меняется концепция управления: жесткое административное управление, направленное на достижение целевой функции, заменяется на ситуативное управление возможными рисками утраты устойчивости, которые неизбежно возникают в условиях возможной эксплуатации геосистем. Если риски превышают экологическую емкость (техноёмкость геосистемы), эквивалентную предельно допустимой технологической нагрузке ПДН, она деградирует как целостность и разрушается за определенное время. Другими словами, геоэкологический прогноз ориентирован на поиск и достижение баланса между сохранением геосистемы, а точнее ее потенциальных возможностей, и приемлемых рисков их экономической эксплуатации в условиях различных внешних (факторных) нагрузок (рис. 1). Таким образом, геоэкологический прогноз зависит от баланса между деятельностью человеческого общества и отклика природы.

Управление возникшими рисками представляется, как вынужденная компенсация предельного отклонения развития геосистемы от оптимума, то есть от наиболее благоприятных условий эволюционного развития геосистемы, соответствующих стохастическим процессам [5-7]. Таким образом, необходимо максимально возможно снизить уклонение траектории и поддержать уровень самоорганизации (устойчивости геосистемы). Чем больше уклонение, тем с большими трудностями может столкнуться необходимый комплекс условий жизнеобеспечения. В реальной жизни это значит, что геосистема предельно сжимается (коллапс) и недоступными становятся для людей большинство условий и услуг.

Вызывает интерес с точки зрения геоэкологического прогноза подход Ю. П. Чуковой [12, 13] о зависимости преобразования энергии электромагнитного

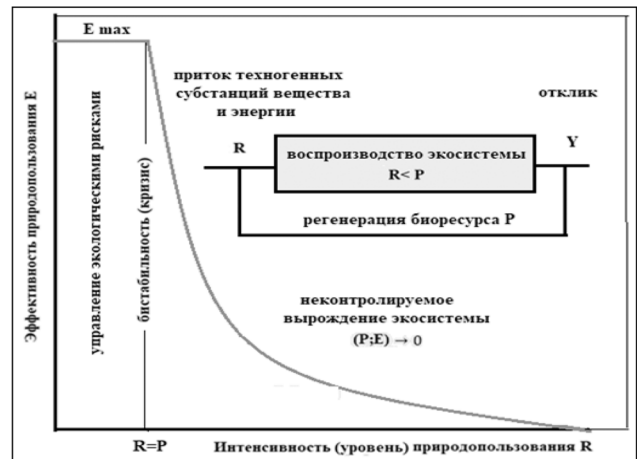


Рис. 1. Схема техноприродного цикла хозяйственного использования экосистемы [10]

излучения от силы внешнего воздействия на систему. С использованием квантовой термодинамики автор объясняет многие явления и проблемы биосферы Земли (зрение человека и других позвоночных, фотосинтез растений и водорослей, энергопотребление человечеством и т. п.) на основе единой формулы преобразования электромагнитного излучения в свободную энергию Гельмгольца. Зависимость КПД или эффектов преобразования энергии электромагнитного излучения от плотности поглощенного излучения  $E_V$  представляет собой нарастающую кривую (рис. 2) с максимумом и минимумом. Нарастающая часть кривой свидетельствует об устойчивом функционировании системы. Ниспадающая часть — о возникших проблемах и угасании. В первом случае сохраняется паритет между преобразованием излучения в свободную энергию и тепло. Во втором случае при сильном воздействии паритет нарушается, в тепло преобразуется все большая доля излучения. Это ведет к нагреву и перегреву системы и ее разрушению (например, в случае солнечных батарей, и к гибели в случае живых систем). Весьма показательным явилось сравнение Ю. П. Чуковой термодинамических результатов с выводами Римского клуба [13]. Оно оказалось одинаковым: конечный результат — гибель системы. И происходит это от чрезмерного потребления человечеством энергии. При этом, по мнению Ю. П. Чуковой, законы термодинамики указывают на путь спасения человеческой цивилизации — это уменьшения энергопотре-

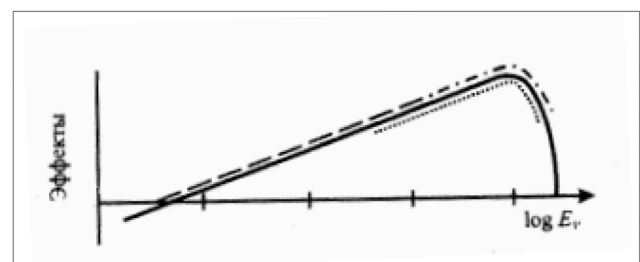


Рис. 2. Эффекты преобразования энергии электромагнитного излучения [12, 13].

Сплошная линия — теоретическая кривая. Линейный участок в полулогарифмическом масштабе означает логарифмическую зависимость КПД (закон Вебера-Фехнера)

бления. Изменение климата, рост энергопотребления, пандемия коронавируса COVID-19 — все это признаки угасания цивилизации.

### Новые идеи и концепции развития общества в геоэкологическом прогнозе

Преодоление разного рода рисков, угроз вирусной пандемии, финансового и экономического кризисов, экологической катастрофы и их предупреждение, ставят перед наукой огромной социальной значимости задачу глобального уровня (новая платформа глобализации) — разработку новой методологии сдерживания и на ее основе создание новых производственных, управленческих, социальных, образовательных и иных технологий. Эти инновационные технологии должны обеспечивать не только разумный уровень конкурентоспособности предприятий и благосостояние общества, но, главным образом, высокую эффективность при-

допользования (управления природопользованием). В данном случае эффективность нами понимается как соотношение результатов (Р) и затрат (З):  $E_p = P/Z$  [2, 14].

Выделяются два вида эффективности процессов любой деятельности: эффективность природопользования  $E_p$  и эффективность использования средств финансирования  $E_f$  [2, 14, 15]. В  $E_p$  в качестве затрат рассматриваются природные ресурсы, в качестве результатов — получение из них полезности (товар, услуги).  $E_f$  — соотношение доходов и расходов — характеризует рост прибыли, которая или справедливо распределяется в обществе, либо обогащает небольшую группу людей. Таким образом, высокая эффективность природопользования будет осуществляться за счет того, что значительная часть прибыли будет расходоваться на повышение благосостояния общества, а не на создание и приобретение излишеств элиты монополизированной рыночной экономики.

Среди глобальных проблем современности наиболее острой является проблема энергоемкости человечества [2, 14, 17]. Потребление энергии поистине взрывоподобно, вклад экологических и иных последствий производства (генерации) и потребления энергии в разрушение природной среды является едва ли не основным. По всей вероятности, предел энергонасыщенности планеты Земля уже достигнут или мы вплотную приближаемся к нему. Современное общество стоит перед выбором: либо сокращение производства энергии, либо повышение эффективности ее использования.

Первый путь, на первый взгляд, является разрушительным для нынешних и будущих поколений людей, так как прекращается рост экономики. Однако, экономическое движение вперед оказывается весьма расточительным и губительным для природной среды. Поэтому ориентация на экономическое наращивание должна быть пересмотрена в сторону повышения эффективности использования энергии, которая должна рассматриваться как отношение энергии, воплощенной в продукции, ко всем затратам энергии, включая окончательную энергетическую ценность купленных товаров и услуг, и затрат на компенсацию нанесенного ущерба природной среде. Выбор этого пути связан с изменениями в распределении национального дохода, социальных отношений и ценностей культуры.

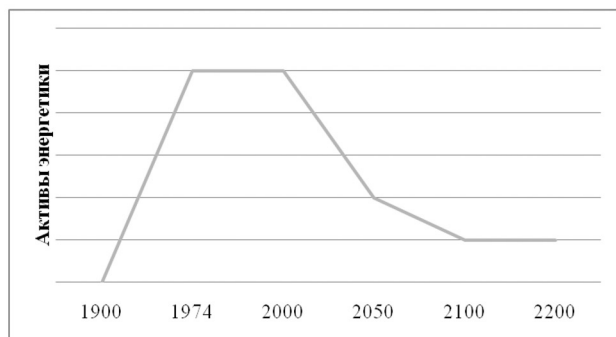
Модели будущего человечества, связанные с энергопотреблением, были детально и успешно рассмотрены еще в 1960-1970-х гг. американскими учеными Говардом и Элизабет Одумом и Ристри, и к ним полезно было бы вернуться опять (рис. 3) [18]. По их мнению, существуют две модели перехода к стабильному развитию. Один из них (рис. 3, а) связан с интенсивной эксплуатацией запасов нефти с последующей депрессией в середине – конце 2000-х гг. и переходом на стабильное состояние в результате использования солнечной энергии. Другая модель (рис. 3, в) — регуляция потоков энергии с помощью установления пределов ее производства и регулирования цен на топливо и в последующем переходе на устойчивое развитие. Третья модель учитывает возможность от-



а



б



в

Рис. 3. Альтернативы будущего человечества (по Г. Одуму и Э. Одум [18]): а — интенсивное использование запасов нефти, депрессия и переход на использование солнечной энергии; б — открытие крупных (неограниченных) источников энергии; в — регуляция потоков энергии с переходом на устойчивое развитие

крытия и использования крупных (неограниченных) источников энергии (рис. 3, б).

Состоятельные люди, располагающие излишками финансовых ресурсов, должны быть мотивированы к инвестированию их в экологические («зеленые») нововведения, прекращению финансовой поддержки «экономики потребления», уходу от ориентирования на удовлетворение своих собственных прихотей и к осознанию того, что капиталы целесообразнее использовать для эффективного природопользования, в том числе рационального энергопотребления.

Ненасытность общества потребления, разоряющего природную среду, проявляется в развитии рынка биотехнологий, генной инженерии, нано технологий и других незримых технологий, приводящих к мутации всего живого, появлению новых вирусов и болезней как инфекционного, так и неинфекционного характера, что может привести к исчезновению на Земле человека как вида. В данном случае речь идет о безответственном научном творчестве человеческого общества, приводящем к труднопредсказуемым последствиям в будущем [1, 2, 15].

Так, например, научные эксперименты и вспышка смертоносной инфекции коронавируса началась, как известно, в китайском городе Ухань, где рядом с научно-исследовательским центром располагается рынок морепродуктов, где осуществляется торговля дикими животными для питания. Ученые и специалисты уже несколько десятков лет обращают внимание, что некоторые заболевания, в числе которых тяжелый острый респираторный синдром, ближневосточный респираторный синдром, Эбола и другие передаются человеку от животных [19]. Этот вирус не последний, предупреждают ученые. Таким образом, мы видим, что торговля дикими животными ведет не только к исчезновению видов, но и способствует распространению тяжелых болезней.

Прежде чем ставить фундаментальные научные исследования, следует определить те изменения и последствия, которые могут проявиться в результате научных исследований, устанавливать пределы этих изменений и меры, гарантирующие непопадание негативных процессов и явлений.

Этическая сторона научных исследований должна быть под постоянным контролем, как со стороны государства, так и со стороны общества. Качество и общественная ценность научных исследований должны определяться эффективностью природопользования и уровнем негативных воздействий на природную среду. Все вышесказанное должно быть главным условием всех направлений научной деятельности. Следует отметить, что научное знание само по себе не приносит зло, губительным может быть его безответственная для природы и жизни человека реализация.

Современные процессы природопользования ориентированы на наукоемкие технологии и продукцию. В свете этого считаем важным рассмотрение соотношения (цепочки действий) «наука–производство–продукция–рынок–потребление» [2, 14–16].

Социально и экономически значимой задачей науки является разработка технологий, открывающих все новые способы добычи и потребления

природных ресурсов. Благодаря им появляются излишки продукции — основа рыночных отношений. Рынок дал мощный толчок развитию цивилизаций, но он же сформировал общество потребления, требующее для удовлетворения своих потребностей постоянного увеличения потребляемых природных ресурсов.

Предлагаемая нами концепция сдерживания (мир кротких) нацелена на спасение человечества от самоуничтожения. Но она будет реализована в том случае, если обретет востребованную обществом духовную основу. Если такое решение придет из России, то именно наша страна положит начало миссии сдерживания, и, тем самым, оправдает свою стратегическую роль [2, 15].

Во-первых, большинство населения еще не стремятся к вершинам богатства. Сложные и суровые природно-климатические условия России позволяют ей развиваться в сторону кротости и рациональности, и в ментально-социальном плане в России ситуация пока еще благоприятствует постановке этой цели. Во-вторых, большинство населения еще не повергнуто в пучину богатства, и, во-вторых, достигнутые еще в советские времена научный и технологический потенциалы тоже пока есть. Нужна лишь политическая воля, обусловленная ощущением крайней актуальности решения этой задачи. По мере осознания правительствами стран мира и общественностью катастрофических последствий антропогенной нагрузки на Землю, концепция сдержанности будет все более и более востребована. Объединившись со всеми странами мира на этой основе, Россия может стать ведущей, лидером, не вписываясь в общество элитных потребителей. И роль российской науки в этом деле особенно значима и ответственна.

Поэтому новые научные знания должны отвечать следующим требованиям:

- 1) отражать реальную действительность;
- 2) со всей ответственностью указывать на возможность риска и моделировать негативные последствия их практической реализации;
- 3) разрабатывать действенные меры смягчения, компенсации или ликвидации негативных последствий практической реализации научных достижений [2].

Современные исследовательские технологии фундаментальной науки, в ходе которых выявляются сложнейшие аспекты природных и общественных процессов, требуют больших финансовых затрат. Но, если недофинансировать фундаментальную науку и прикладные научные исследования, происходит отток новых знаний за рубеж, что мы и наблюдаем уже на протяжении десятилетий.

Трудно возразить утверждению, что Земля, как современная глобальная система, вступила в новое состояние развития — «развитие с обострением» [20]. Как известно, в истории Земли постоянно происходили глобальные изменения, катастрофы, радикально меняющие облик планеты. С появлением человека Земля подверглась интенсивному антропогенному воздействию. Техногенная мощь человеческого общества стала силой космического масштаба, преобразующей

Землю путем развития экономики. Произошло разрушение природной среды. Актуальной задачей сегодняшнего дня и будущего стало достижение в системе общество–природа эколого-экономического баланса на основе эффективного природопользования, где природа рассматривается не как средство обогащения, а является средой обитания и жизнеобеспечения. В такой системе основным трендом является экоразвитие и доминируют обрабатывающие («зеленые») отрасли экономики [2, 14, 15].

Для достижения сбалансированности нужны: соответствующая культура природопользования — обретенные знания, умения и навыки освоения природы; высокий уровень ответственного потребления природных ресурсов; взаимоощадящие технологии использования природных ресурсов; сопоставление экономической деятельности с потенциальными возможностями природных систем; система запретов на безответственное вторжение в природную среду; переориентация жизненных установок населения от эгоистически-потребительских к общественно-духовным.

Действительно ли география, как наука всегда была одним из значимых факторов развития общества и определяла успехи развития государства в целом [1, 2]. Перед географией, сейчас как никогда, стоит ряд острых вопросов:

1. Каким образом прогнозировать и моделировать будущее географии в контексте глобальных проблем?
2. Что необходимо, чтобы география выступила драйвером позитивных перемен?
3. Какие перспективные направления необходимо выделить в самой географической науке?

Может ли география стать своеобразным «поводырем» прогресса? Исторический экскурс наводит на грустные мысли. География совсем еще недавно была своеобразным «наводчиком» на использование самых разнообразных природных ресурсов: от территориальных до углеводородов. И это обернулось огромным грузом проблем и прежде всего экологических. Каждое достижение науки и в том числе географии, увеличивало изъятие богатств у природы, что сопровождалось безудержным ростом техногенной инфраструктуры и усложнением социально-экономической

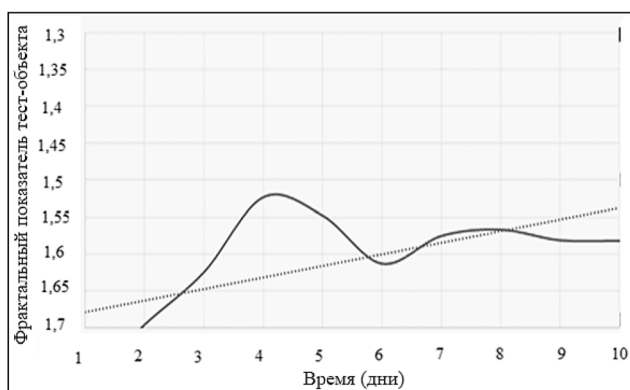


Рис. 4. Фрактальная динамика геосистемы в условиях внешних воздействий [10, 11]. Кривая линия показывает отклонение от оптимума

системы. Анализ смены общественных формаций показывает, что процесс шел в мире с ускорением и привел, в конечном счете, к глобальному развитию человеческого общества с обострением и глубокому кризису.

Если в процессе эволюции совершенствование в биосфере сопровождалось адекватным развитием систем управления (саморазвития), то человеческое общество так и не смогло создать систему коллективного разума, способного эффективно управлять социумом. Произошло рассогласование двух ключевых параметров эволюции — природы и человека, повлекшее за собой серьезные экологические последствия. Общество, до настоящего времени, так и не осознало свою роль в глобальной геозоосоциосистеме и занимает явные антагонистические позиции по отношению к природе.

Это означает, что проблема стратегического прогноза будущего человеческого общества становится все более актуальной, и ее нельзя откладывать на потом.

Добавим, что сопоставление природного (условия–ресурсы) потенциала геосистем с состоянием и перспективами их экономического развития открывает широкие возможности учета всех сторон вмешательства в природные процессы и способствует установлению допустимых норм (допустимого риска) природо- и ресурсопользования, обеспечивающего сбалансированное развитие территории, не снижающего ресурсный потенциал и создающего комфортные условия проживания населения.

Анализ прогнозных решений на основе полученной нами фрактальной динамики геосистемы сводится к тому, что устойчивость (сбалансированность) геосистемы с внешней средой определяется величиной ее отклонения от оптимума [1, 2, 7, 11]. Отсутствие отклонения является наиболее благоприятным режимом существования геосистемы, при котором антропогенная нагрузка не влияет:  $y=1,5$  (рис. 4). Появление отклонения на тренде:  $y \rightarrow (1,2V1,7)$  свидетельствует о негативном воздействии на геосистему, и чем больше оно, тем больше отклонение от нормального развития геосистемы. Такой метод вполне оправдан при разработке геоэкологического прогнозирования и является наиболее перспективным (рис. 4).

Подобные исследования являются предметом географии, географических и геоэкологических прогнозов, моделей геосистем разного таксономического уровня (от глобального до локального) и должны сопровождать любой проект планировки, застройки, реконструкции; программ и планов социально-экономического развития страны и регионов.

## Заключение

Будущее географии — в концентрации внимания на разработке развития сложных и сверхсложных социоприродных систем (геозоосоциосистем). С использованием информационных и других современных технологий, в том числе искусственного интеллекта, нейронных сетей, география от описательной стано-

вится точной наукой и начинает занимать приоритетное место в создании схем и проектов территориальной организации общества на любом уровне.

География совместно с геоэкологией предлагает ноосферный путь развития общества — мировую программу, ориентированную на переход к автотрофной

экономике, развитию местных сообществ и повышению эффективности природопользования, создаваемого на принципах сбалансированности и гармонии. География в синергии с другими науками становится метанаукой о правилах поведения людей в среде своего существования.

#### Список использованных источников

1. Б. И. Кочуров. Экодиагностическое и сбалансированное развитие. М.: Издательский дом «ИНФРА-М», 2016. 362 с.
2. Б. И. Кочуров, В. А. Лобковский, А. Я. Смирнов. Эффективность и культура природопользования: монография. М.: Русайнс, 2020. 162 с.
3. В. А. Фролов. Системный подход к проблеме взаимодействия биосферы и космоса. В кн.: Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Т. 1. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. С. 82-88.
4. В. И. Корогодин, В. Л. Корогодина. Инфраструктура как основа жизни. Дубна: Издательский центр «Феникс», 2000. 208 с.
5. В. И. Арнольд. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. М.: Изд-во МЦНМО, 2004. 32 с.
6. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов. Нелинейная динамика и проблемы прогноза. Доклад на заседании Президиума РАН//Эксперт. № 27 (287). 2000. 106 с.
7. А. Н. Насонов, И. В. Цветков, И. М. Жогин и др. Фракталы в науках о Земле: учебное пособие. Воронеж. Изд-во «Ковчег», 2018. 82 с.
8. Д. И. Трубецков. Феномен математической модели Лотки–Вольтерры и сходных с ней//Известия вузов «ПНД». Т. 19. № 2. 2011. С. 69-88.
9. Б. И. Кочуров, Н. В. Ивашкина, Ю. И. Ермакова. Самоорганизация и саморазвитие урбогеосистем//География и природные ресурсы. 2021. № 3. С. 37-44.
10. А. Н. Насонов, В. В. Кульнев, И. В. Цветков. Фрактальные модели нормирования техногенной нагрузки по показателям устойчивости экосистем/Под общей ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна//Материалы двенадцатой международной конференции: «Управление развитие крупномасштабных систем MLSД'2019». Москва, 2019. С. 1058-1059.
11. А. Н. Насонов. О фрактальных методах биотестирования продуктивности почв урбандолиндов//Экологические системы и приборы. 2021. № 4.
12. Ю. П. Чукова. От Планка, Эйнштейна и Ландау до Римского клуба. М.: Мегapolis, 2020. 216 с.
13. Ю. П. Чукова. Пандемия, как второй этап угасания нашей цивилизации//Гуманитарные и естественнонаучные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития: материалы 18-й международной конференции (Новомосковск, 15-16 октября 2021 г.). РХТУ им Д. И. Менделеева. Новомосковск, 2021. С. 157-160.
14. Б. И. Кочуров, В. А. Лобковский, А. Я. Смирнов. Эффективность регионального природопользования: методические подходы//Проблемы региональной экологии. 2008. № 4. С. 61-70.
15. А. Н. Соколов, Б. И. Кочуров. О некоторых аспектах проблемы пика добычи нефти в контексте «экономики кратких»//Проблемы региональной экологии. 2013. № 2. С. 7-14.
16. Б. И. Кочуров, В. А. Лобковский, А. Я. Смирнов, Л. Г. Лобковская. Критерии и показатели эффективности природопользования как процессов региональной деятельности//Проблемы региональной экологии. 2011. № 1. С. 36-43.
17. Б. И. Кочуров, Н. А. Марунич. Энергетический подход к изучению геосистем и технологии лесовосстановления Приднестровья//Юг России: экология, развитие. 2016. № 11 (1). С. 159-169.
18. Г. Одум, Э. Одум. Энергетический базис человека и природы. М.: «Прогресс», 1978. 380 с.
19. Б. И. Кочуров, Э. А. Блинова, И. В. Ивашкина. Развитие российских городов после пандемии COVID-19//Региональные геосистемы. 2021. Т. 45. № 2. С. 183-193.
20. Ю. Ю. Ковалев, А. В. Степанов, А. С. Бурнасов. Эволюция материально-энергетического метаболизма территориальных систем//Пространственная организация общества: теория, методология, практика. Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., 7-11 ноября 2018. С. 22-28.

#### References

1. B. I. Kochurov. Ecodiagnostic and balanced development. M.: Publishing House «INFRA-M», 2016. 362 p.
2. B. I. Kochurov, V. A. Lobkovsky, A. Ya. Smirnov. Efficiency and culture of nature management: monograph. M.: Rusains, 2020. 162 p.
3. V. A. Frolov. A systematic approach to the problem of interaction between the biosphere and space. In: Modern Problems of studying and preserving the Biosphere. Vol. 1. SPb.: Hydrometeoizdat, 1992. P. 82-88.
4. V. I. Korogodin, V. L. Korogodina. Infrastructure as the basis of life. Dubna: Publishing center «Phoenix», 2000. 208 p.
5. V. I. Arnold. «Hard» and «soft» mathematical models. M.: ICNMO Publishing House, 2004. 32 p.
6. G. G. Malinetsky, S. P. Kurdyumov. Nonlinear dynamics and forecasting problems. Report at the meeting of the Presidium of the Russian Academy of Sciences//Expert. № 27 (287). 2000. 106 p.
7. A. N. Nasonov, I. V. Tsvetkov, I. M. Zhogin et al. Fractals in Earth Sciences: textbook. Voronezh: Kovcheg Publishing House, 2018. 82 p.
8. D. I. Trubetskov. The phenomenon of the Lotka–Volterra mathematical model and similar ones//Izvestiya vuzov «PND». Vol. 19. № 2. 2011. P. 69-88.
9. B. I. Kochurov, N. V. Ivashkina, Yu. I. Ermakova. Self-organization and self-development of urban geosystems//Geography and natural resources. 2021. № 3. P. 37-44.
10. A. N. Nasonov, V. V. Kulnev, I. V. Tsvetkov. Fractal models of rationing of technogenic load by indicators of ecosystem stability/Under the general editorship of S. N. Vasiliev, A. D. Tsvirkun//Materials of the twelfth international conference: «Management of the development of large-scale systems MLSД '2019». Moscow, 2019. P. 1058-1059.
11. A. N. Nasonov. On fractal methods of biotesting soil productivity of urban landscapes//Ecological systems and devices. 2021. № 4.
12. Yu. P. Chukova. From Planck, Einstein and Landau to the Club of Rome. M.: Megapolis, 2020. 216 p.
13. Yu. P. Chukova. The pandemic as the second stage of the extinction of our civilization//Humanitarian and Natural science factors of solving environmental problems and sustainable development: Materials of the 18th International Conference (Novomoskovsk, October 15-16, 2021). D. I. Mendeleev Russian Technical University. Novomoskovsk, 2021. P. 157-160.
14. B. I. Kochurov, V. A. Lobkovsky, A. Ya. Smirnov. The effectiveness of regional environmental management: methodological approaches//Problems of regional ecology. 2008. № 4. P. 61-70.
15. A. N. Sokolov, B. I. Kochurov. On some aspects of the problem of peak oil production in the context of the «economy of the meek»//Problems of regional ecology. 2013. № 2. P. 7-14.
16. B. I. Kochurov, V. A. Lobkovsky, A. Ya. Smirnov, L. G. Lobkovskaya. Criteria and indicators of the effectiveness of environmental management as processes of regional activity//Problems of regional ecology. 2011. № 1. P. 36-43.
17. B. I. Kochurov, N. A. Marunich. Energy approach to the study of geosystems and reforestation technology of Pridnestrovie//South of Russia: ecology, development. 2016. № 11 (1). P. 159-169.
18. G. Odum, E. Odum. The energy basis of man and nature. M.: «Progress», 1978. 380 p.
19. B. I. Kochurov, E. A. Blinova, I. V. Ivashkina. Development of Russian cities after the COVID-19 pandemic//Regional geosystems. 2021. Vol. 45. № 2. P. 183-193.
20. Yu. Yu. Kovalev, A. V. Stepanov, A. S. Burnasov. Evolution of material and energy metabolism of territorial systems//Spatial organization of society: theory, methodology, practice. Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, November 7-11, 2018. P. 22-28.