

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

УДК 502.171

КЛИМАТИЧЕСКИЙ ФАКТОР В СОВРЕМЕННОМ
ЦИКЛЕ РАЗВИТИЯ СОЦИОПРИРОДНЫХ СИСТЕМ
(НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА ОЗЕРА ИМАНДРА)

© 2024 г. А. В. Евсеев¹, Т. М. Красовская¹, *

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: krasovsktex@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.06.2023 г.

После доработки 29.01.2024 г.

Принята к публикации 16.05.2024 г.

На территории бассейна оз. Имандра в течение многих десятилетий сформировалась социоприродная система панархического характера. В эту систему входят следующие блоки: природный, социальный, хозяйственный. Их развитие в разные промежутки времени могут быть разнонаправленными, одновременными и разномасштабными. Современная структура природопользования территории определяет синергизм потоков вещества и энергии, продуцируемых блоками, который отражает панархический характер системы. На основе системного анализа статистических, аналитических данных и материалах ландшафтно-экологических исследований авторов проводится анализ современных циклов развития блоков социоприродной системы территории для определения механизмов достижения ее обновления, соответствующего устойчивому развитию, что и явилось целью исследования. В XXI в. ярко проявляются различные темпы преобразования блоков системы, находящихся на разных стадиях циклов ее развития. Климатический вектор, определяющий цикл развития природного блока, активно проявляется с последней трети XX в. и стимулирует обновление системы. Современная стадия динамики социального блока охарактеризована как цикл накопления изменений, а хозяйственного – как цикл реструктуризации. Развитие социоприродной системы территории сопровождается возникновением определенных порогов, когда происходит смена его векторов. Отмечены признаки преодоления порога разрушающих природный блок нарушений за счет уменьшения антропогенной нагрузки и интенсификации биогеохимического круговорота вследствие потепления климата. Гармонизация циклов развития является сложной управленческой задачей, решение которой требует анализа конкретных характеристик блоков системы, существующих препятствий их развития, приемлемых состояний их реструктуризации и преследуемых целей обновления. Циклы развития социоприродной системы редко совпадают, однако возможно их сближение для сбалансированного развития. Предложены механизмы ускорения цикла реструктуризации блока “население” в целях его обновления.

Ключевые слова: панархическая система, цикл развития, климатический вектор, адаптация, управление, бассейн оз. Имандра

DOI: 10.31857/S2587556624030098 EDN: SODLAO

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия устойчивого развития Арктической зоны Российской Федерации, принятая в 2020 г. (О стратегии ..., 2021), предусматривает хозяйственное освоение региона в соответствии с принципами устойчивого развития, а также рекомендациями Арктического Совета¹. Эти базовые документы положены в основу целевых про-

грамм разных уровней субъектов Российской Федерации, включенных в ее Арктическую зону. Подобные программы разработаны и в Мурманской области, и в ее муниципальных районах. Запланированные социально-экономические преобразования в рамках упомянутых программ затрагивают сложные территориальные социоприродные системы природопользования.

Территория исследования является частью крупного импактного района центральной части Кольского полуострова, формирование которого началось в 30-х годах XX в. (Экологический ..., 1999; Экологический ..., 2017). На этой террито-

¹ Арктический совет (Arctic Council) – международная организация, призванная содействовать сотрудничеству в области охраны окружающей среды и устойчивого развития приполярных районов.

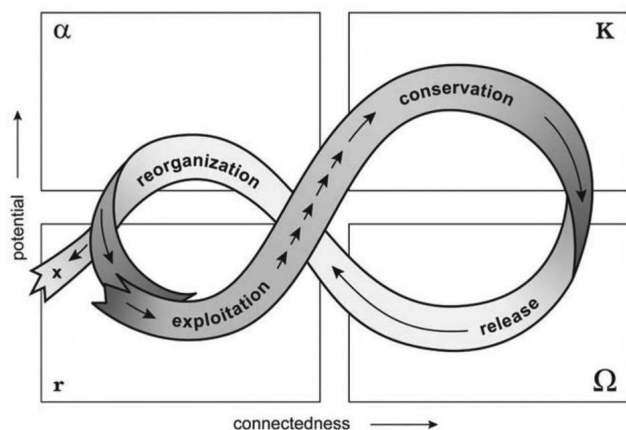


Рис. 1. Циклы развития панархической системы (Gunderson and Holling, 2002).

рии в течение многих десятилетий сформировалась социоприродная система, образовавшаяся в результате взаимодействия вещественно-энергетических потоков природного и антропогенного происхождения. Векторы развития входящих в нее блоков – природного, социального, хозяйственного в определенные временные промежутки характеризовали панархический характер системы (Gunderson and Holling, 2002). Панархические системы проходят через цикл роста/эксплуатации, накопления, обновления на основе накопленного нового и реструктуризации (рис. 1) (Gunderson and Holling, 2002).

Выявление этих циклов необходимо для сбалансированного развития всей социо-природной системы без привычного на практике акцентирования внимания только на важнейших из них для достижения региональных целей (Farley and Voinov, 2016). Например, при игнорировании существующего цикла развития социоприродной системы мероприятия для обеспечения только экономического роста, либо только экологической стабилизации, скорее всего, приведут к разрушению всей системы, вместо ожидаемого устойчивого развития за счет замедления роста экономики вследствие игнорирования экологических рисков (порогов в развитии всей системы) с последующей нехваткой средств на экологические мероприятия. Заметим при этом, что все чаще в научных работах и управленческих документах термин устойчивое развитие, включающий конкретные 17 целей², заменяется на термин благополучие (well-being), при этом подразумевается совокупный эффект адаптационного развития на конкретной территории, а не исключительно достижение цели устойчивого развития № 3: “Здоровье и благополучие” (Bousquet et al., 2016; Farley and Voinov, 2016; Wilson et al., 2013). Целью настоящего исследо-

вания является анализ факторов, определяющих современные циклы развития социо-природной системы бассейна оз. Имандра для определения механизмов достижения ее благополучного обновления.

ТЕРРИТОРИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Бассейн оз. Имандра является наиболее хозяйственно-освоенной территорией Мурманской области. Площадь бассейна составляет около 12 тыс. км² (рис. 2). Социоприродная система территории формировалась в результате развития промышленного, селитебного, транспортного, лесохозяйственного и природоохранного видов природопользования. Хозяйственное освоение происходит в условиях северо-таежных ландшафтов цокольной равнины, испытывающей высокую степень техногенной нагрузки, связанной с механическими нарушениями природных геосистем, а также их деградацией вследствие поступления аэротехногенных поллютантов (соединений серы и азота, тяжелых металлов, пылевых частиц и др.). Так, объем выбросов в атмосферу от стационарных источников в Мончегорске превышает 20 тыс. т/год, в водах оз. Имандра у Мончегорска среднегодовое содержание меди достигает 10ПДК, никеля – 12ПДК, аммонийного азота – 30ПДК, доля проб почв селитебной зоны, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам, превышает 55% и т.д. (Доклад ..., 2023). Основная доля антропогенной нагрузки формируется Мончегорским горнометаллургическим комбинатом Кольской ГМК.

Исследование построено на использовании теории природопользования, в которой определена структура социо-природной системы и обозначены ее функции (Красовская, 2008), теории панархических систем (Gunderson and

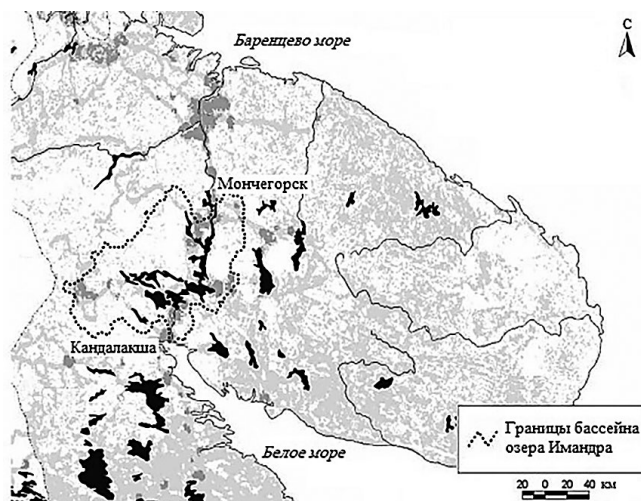


Рис. 2. Территория исследования.

² The 17 goals | Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/goals> (дата обращения 26.05.2024).

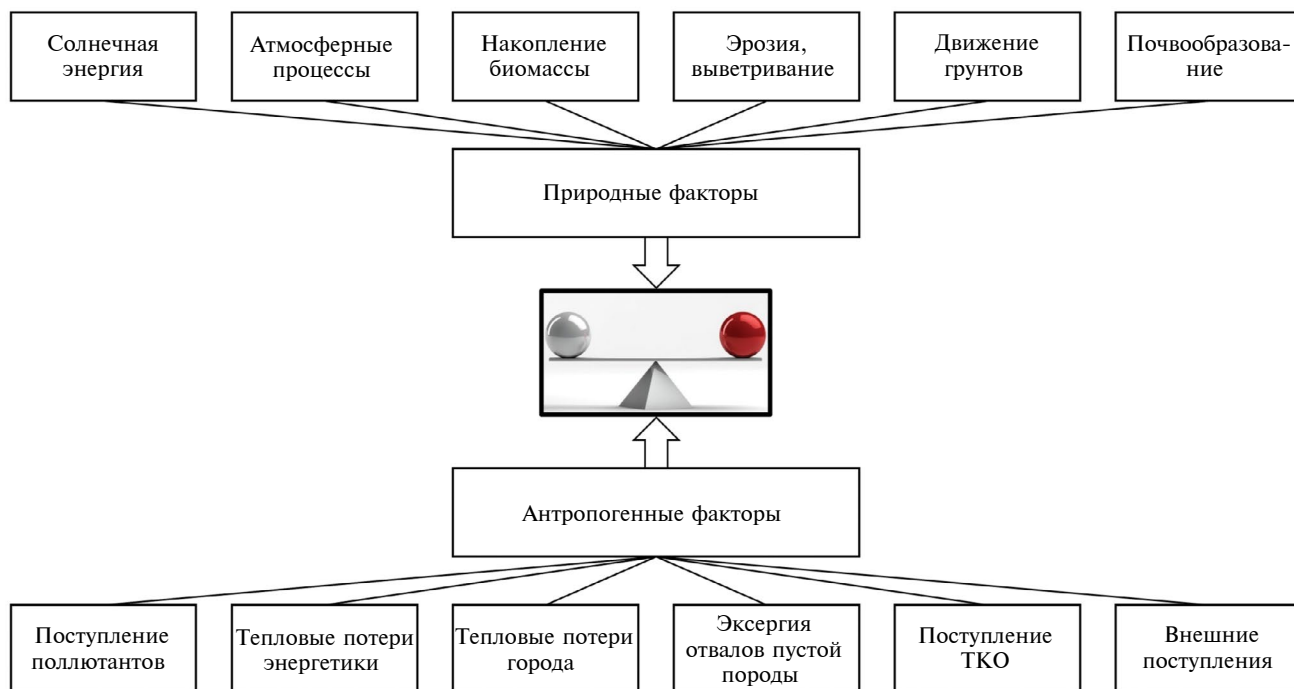


Рис. 3. Факторы формирования вещественно-энергетического баланса.

Holling, 2002), использованной для анализа развития социо-природной системы территории, материалах многолетних полевых ландшафтно-экологических исследований авторов, а также на основе анализа тематических публикаций. В нем использован бассейновый подход к геоэкологическому анализу (Корытный, 2001), позволяющий анализировать относительно локализованные потоки вещества и энергии в территориальной природно-антропогенной системе в целях ее сбалансированного развития.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вещественно-энергетические потоки. Вещественно-энергетический баланс бассейна оз. Имандра складывается за счет природных процессов, включающих поступление солнечной энергии, осадков, выветривание, почвообразование и т.д., а также антропогенных процессов, чаще всего негативных последствий хозяйственной деятельности: деградация растительного покрова, эрозия почв, накопление загрязнителей в геосистемах, разложение ТКО, тепловой эффект города, внешнего поступления загрязнителей в результате дальнего переноса и др. (рис. 3).

Количественные характеристики ряда этих факторов были определены нами ранее (Евсеев, Красовская, 2021, 2022; Красовская, 2008). Существующая база данных пока не позволяет обратиться к оценке роли всех факторов, обуславливающих формирование вещественно-энергетических потоков в социоприродной системе, влияющих на цикл развития ее отдельных блоков. Поэтому мы выбрали для анализа

те факторы, по которым имеются достаточно полные характеристики ландшафтных, экологических и социально-экономических изменений под воздействием потепления климата, ограничив территорию исследования наиболее изученным районом основного системообразующего производства — медно-никелевого Кольской ГМК в г. Мончегорске, с которым связаны типичные социально-экономические процессы, наибольшие экологические изменения прилегающей территории, отражающие отклик геосистем на потепление климата. Современная фаза развития социо-природной системы в настоящем исследовании анализируется с начала XXI в.

Динамические процессы в природном блоке. Натурные наблюдения и анализ тематических научных публикаций позволяет сделать вывод, что в современном цикле развития природного блока основной движущей силой является климатически фактор. Многолетние наблюдения (Второй ..., 2014; Доклад ..., 2008), свидетельствуют о климатических изменениях на территории с начала 1990-х годов. С 30-х годов XX в. до его последней четверти изменение климатических характеристик было медленным, а затем сменилось современным повышением температур воздуха (в основном за счет зимнего периода). Средняя скорость теплового изменения приземного воздуха в Мурманской области составила 0.6°C за десятилетие, при этом изменение летних температур — $0.6\text{--}0.8^{\circ}\text{C}$. (Второй ..., 2014). Современные среднегодовые температуры уже превышают периоды потеплений 1961–1990 гг. (Демин, 2012). Изменения в количестве осадков менее выражены, однако прогнози-

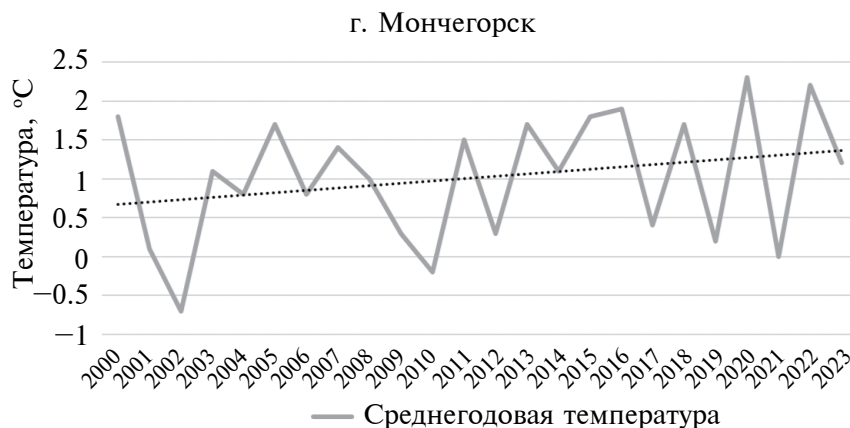


Рис. 4. Средние годовые температуры воздуха в Мончегорске в начале XXI в.

руется их увеличение, которое будет заметными к середине XXI в. Более детальные комментарии изменения климата выходят за рамки настоящего исследования, поэтому выделим периоды наиболее значительных колебаний для того, чтобы оценить экологические и социально-экономические процессы, соответствующие им, которые в социоприродной системе территории носят панархический характер. К таким периодам относится начало XXI в., когда, несмотря на значительные колебания, прослеживается рост средних годовых температур воздуха (рис. 4).

Рассмотренные климатические изменения находят отклик в геосистемах, повышается скорость их изменений: увеличение биологической продуктивности и биоразнообразия. Например, это хорошо заметно по скорости зарастания техногенной пустоши у Мончегорского горнометаллургического комбината (рис. 5). Экспериментальные исследования в Арктике показывают, что потепление увеличивает пиковые значения NDVI, показатель максимальной продуктивности, и продолжительность вегетационного периода на всех участках, причем наиболее интенсивно оно идет на участках с кустарниково-злаковыми формациями (Barrett et al., 2015; May et al., 2020). Сказывается оно и на увеличении запасов кормовых трав, заготавливаемых на исследуемой территории, урожайности зеленных и ягодных культур в местных СНТ. На основе широтного градиента летних температур воздуха — $0.3^{\circ}\text{C}/100\text{ км}$ расчетная энергия продвижения лесной растительности к северу составила около $100\text{ МДж}/\text{м}^2$ (Евсеев, Красовская, 2021). Таким образом, можно заключить, что в природном блоке системы происходит накопление изменений, приводящих к активной реструктуризации геосистем.

Однако отмечаются и некоторые негативные последствия изменения климата: повышение частоты засух, ветроломов, поздневесенних заморозков вследствие нарастания экстремальных ветровых и погодных явлений и т.д. (Доклад ..., 2008;

Ключникова и др., 2017). Существует потенциальная опасность расширения ареалов природно-очаговых заболеваний (клещевые энцефалиты, туляремия и др.). Наблюдается активное внедрение адвентивных видов растений, вытесняющих местные, например, борщевика Сосновского, отмечаются нарастающие изменения состава гидробионтов оз. Имандра, приводящие к сокращению популяций ценных промысловых рыб.

Исходя из общей динамики природных процессов, можно заключить, что природный блок вступил в цикл активного обновления.

Динамические процессы в экономическом блоке. Рассмотрим тенденции развития экономического блока социоприродной системы и сопутствующей реструктуризации в период нарастающего потепления климата. Экономические перемены, успехи в экологизации производства, истощение запасов полиметаллических руд с неясными пока перспективами разработки Сопчегорских хромитовых месторождений Кольской ГМК привели к относительной стабилизации земель детериорантного природопользования. Кольская ГМК последовательно осуществляет “Серную программу 2.0”, направленную на снижение негативного влияния выбросов³. В планах развития Мончегорского горнометаллургического предприятия — строительство нового медеафи-

³ Серная программа – Норникель. <https://nornickel.ru/sustainability/projects/sulphur/> (дата обращения 26.05.2024).



Рис. 5. Зарастание техногенной пустоши.

г. Мончегорск

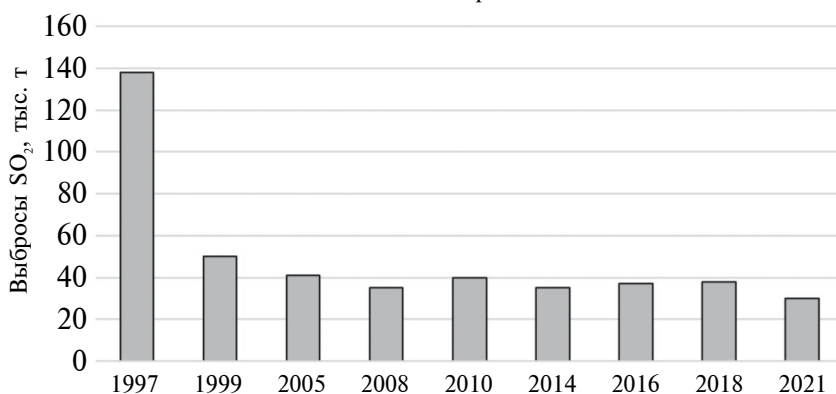


Рис. 6. Уменьшение выбросов диоксида серы, тыс. т/год, Мончегорск (Доклад ..., 2021).

нировочного производства, модернизация технологических процессов, для реализации которой до 2023 г. запланировано 7.8 млрд руб., и т.д. Проводимая модернизация производства привела к уменьшению выбросов диоксида серы, с которыми была связана наиболее выраженная деградация природной среды (рис. 6).

Наблюдавшиеся периоды рецессии производства не повлияли на его медленный экономический рост в Мурманской области. Так, индекс промышленного производства в 2001 г. составил 101.1%, в 2005 г. — 100.2%, в 2010 г. — 101.2%, в 2015 г. — 103.6%, в 2021 г. — 107.5% по отношению к предыдущим годам⁴. Уменьшению техногенной нагрузки на природную среду, кроме экологической модернизации производства, способствует активно идущий процесс диверсификации природопользования, предусмотренной Стратегией социально-экономического развития Мурманской области до 2035 г.⁵ Успешно развивается рекреационное, сельскохозяйственное и транспортное природопользование, связанные со значительно меньшими негативными экологическими последствиями. О наметившемся росте экономики свидетельствуют показатели постепенного повышения уровня жизни за последние 5 лет (с 2017 по 2022 г.): реальные располагаемые доходы населения выросли более чем на 2%⁶.

Современные климатические изменения расширяют возможности развития сельскохозяйственного использования территории (кормопроизводство, овощеводство открытого грун-

та), способствуют развитию туризма, повышают комфортность среды обитания горожан, приводят к снижению затрат на отопление, повышают эффективность процесса переработки бедного рудного сырья за счет усиления процесса биохимического выщелачивания и т.д. Однако одновременно потепление климата усиливает процессы эвтрофикации водоемов, повышающие затраты на подготовку вод для использования, активное распространение карантинных сорняков, требующих затрат на борьбу с ними, нарастающую угрозу поздневесенних заморозков, снижающих урожаи дикоросов, частоту лесных пожаров из-за большей повторяемости засух и т.д. (Ключникова и др., 2017; Сценарии ..., 2019). Степень влияние этих процессов, проявившихся совсем недавно, на развитие экономики еще предстоит оценить.

Рассмотренные векторы развития экономического блока позволяют заключить, что он находится в цикле активной реструктуризации.

Динамические процессы в социальном блоке. Социальные процессы на изучаемой территории в оцениваемый промежуток времени претерпевали существенные трансформации. Перестроенный период в Мурманской области ознаменовался значительным спадом производства, падением жизненного уровня населения, разрушением социальной инфраструктуры. Это привело к миграционной убыли и повышенной смертности населения. Так, с 2000 г. по настоящее время численность населения всей Мурманской области сократилась более чем на 70%. Численность населения продолжает снижаться, хотя темпы сокращения в целом замедлились (рис. 7). В последнее десятилетие (с 2010 по 2022 г.) для городов бассейна оз. Имандра сокращение численности населения составило: Мончегорска — около 9 тыс., Апатитов — 6 тыс., Оленегорска — 3 тыс. человек и т.д., что связано как с миграционными процессами, так и с изменившимися условиями проживания, старением населения. Это негатив-

⁴ Индексы промышленного производства по Мурманской области, % к предыдущему году. Социально-экономическое положение Мурманской области в 2021 году. <http://51.rosstat.gov.ru> (дата обращения 26.05.2024).

⁵ Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ukaz645-26102020.pdf> (дата обращения 26.05.2024).

⁶ Мурманская область в цифрах / Федеральная служба государственной статистики по Мурманской области. <https://51.rosstat.gov.ru/folder/36664/document/36757> (дата обращения 26.05.2024).

г. Мончегорск

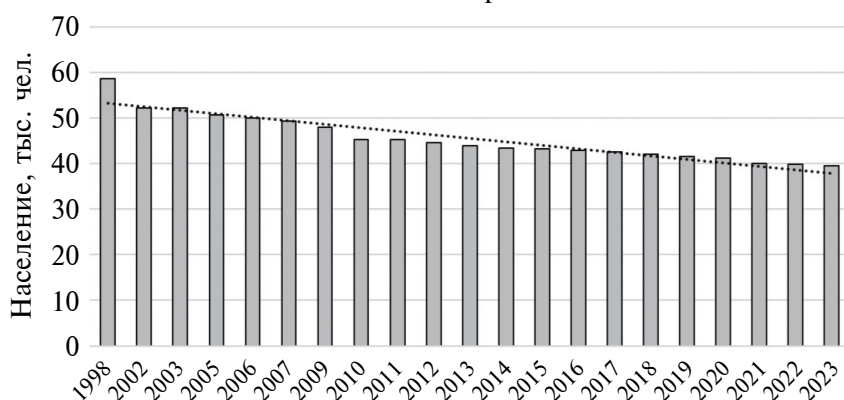


Рис. 7. Динамика численности населения Мончегорска (по данным Геоинформационного портала Мурманской обл. и Росстата).

Составлено по: Росстат. <http://www.rosstat.gov.ru> (дата обращения 12.12.2022); Геоинформационный портал Мурманской области. <http://gis.gov-murman.ru> (дата обращения 15.03.2022).

но сказывается на рынке труда. Об этом может свидетельствовать снижение численности трудоспособного населения за 2000–2020 гг. на 20%.

Сокращение численности населения слабо отразилось на давлении на природную среду вследствие накопившихся экологических проблем и скромного прогресса в их решении, особенно в области городского коммунального хозяйства (Евсеев, Красовская, 2022). Не решена проблема раздельного сбора и переработки ТКО, ликвидации мусора заброшенных площадок зданий и сооружений.

На фоне изменения климата (потепление, резкие колебания температур и осадков) отмечается увеличение простудных и сердечно-сосудистых заболеваний населения, снижение возможностей традиционной заготовки ими дикоросов вследствие снижения их урожайности из-за поздневесенних заморозков, резких летних похолоданий, появление угрозы расширения территорий с природно-очаговыми заболеваниями (клещевые энцефалиты), уменьшение долговечности зданий и других объектов инфраструктуры и т.п., что отражает негативный эффект потепления вопреки распространенному мнению, что это — только благо для населения.

Обобщая рассмотренную динамику, современный цикл развития социального блока можно оценить как стадию накопления изменений.

Обращает на себя внимание противодействующие векторы развития природного и экономического и социального блоков социо-природной системы, что подчеркивает ее панархический характер. Одновременно необходимо отметить процессы, способствующие ускорению перехода социального блока в цикл реструктуризации. Они включают: диверсификацию экономики и модернизацию технологических процессов, активное внедрение цифровой экономики и т.д. для фор-

мирования фокусных групп населения, заинтересованных в развитии своего края, противодействия его миграционной убыли. Это способствует появлению позитивных сдвигов в структуре занятости населения, а потепление климата — в улучшении условий его проживания.

Адаптивное развитие социоприродной системы территории. Управление природопользованием в панархической системе должно обеспечивать ее устойчивость и адаптивность к происходящим изменениям (Walker, 2004). Различные сценарии развития Мурманской области в условиях глобальных климатических изменений были детально рассмотрены в КНЦ РАН (Сценарии ..., 2019). Однако, несмотря на междисциплинарность этого исследования, в нем отсутствует четкий анализ взаимодействия временных циклов развития блоков социоприродной системы. Из приведенных выше оценок следует, что природный и экономический блоки находятся в цикле реструктуризации и обновления на фоне быстрого роста изменений слагающих их компонентов, а социальный блок — в цикле накопления изменений. Заметную роль в трансформации социоприродной системы играет климатический фактор, стимулирующий обновление природного блока. Заметим, однако, что климатические и экологические процессы (в отношении сохранившихся еще выбросов диоксида серы) в природном блоке также разнонаправлены, но с перевесом действия климатических (Евсеев, Красовская, 2021). Это означает постепенное преодоление порога опасных экологических нарушений природного блока за счет уменьшения антропогенной нагрузки и интенсификации биогеохимического круговорота, причем эта трансформация приняла ускоренные темпы с начала XXI в. Климатический фактор также подчеркивает панархический характер социоприродной системы, оказывая неоднозначное влия-



Рис. 8. Возможные последствия управленческих решений для гармонизации циклов развития социоприродной системы.

ние на развитие социального и экономического блоков, рассмотренное выше.

Обеспечение адаптационного развития блоков социо-природной системы всегда должно соответствовать конкретному фокусному промежутку времени и масштабу, так как все происходящие процессы в панархической системе взаимосвязаны (Farley et al., 2016; Gunderson et al., 2002). Устойчивое функционирование всей социо-природной системы в этот промежуток времени достигается путем определенных адаптационных мер для сближения циклов развития ее блоков. Для экономического блока, несмотря на достаточно уверенный темп реструктуризации на пути к обновлению, имеется и “черный лебедь”, появление которого сопряжено с современной геополитической обстановкой.

Социоприродная система не имеет абсолютного совпадения циклов развития, однако общее равновесие может быть обеспечено их сближением. Выскажем предположение, как сближение циклов социо-природной системы должно отражаться на управлении им, чтобы система вошла в цикл благополучного обновления. При

этом важно не допустить появления опасных для системы последствий, представленных на рис. 8.

Поскольку управление климатическим процессом утопично, природные системы “самонастраиваются” при определенном участии ускоряющего этот процесс человека (рекультивация, мелиорация и т.д.), а принятая стратегия развития экономического блока напрямую соответствует его обновлению, остается решить задачу, как ускорить переход системы социального блока к фазе реструктуризации, без которой развитие экономического блока затормозится, а то и вовсе станет невозможным. Как тут не вспомнить советский лозунг “Кадры решают все!”. В настоящее время развитие этого блока имеет противоположный от остальных вектор развития, дестабилизирующий систему. В табл. 1 показаны механизмы ускорения реструктуризации этого блока. Они предложены нами на основании изучения местной ситуации, а также имеющихся разработок рекомендаций по стабилизации всей социо-природной системы (Pascual et al., 2022).

Дадим некоторые пояснения к табл. 1. Развитие инновационной экономики сопряжено не толь-

Таблица 1. Механизмы ускорения реструктуризации социального блока

Направление действий	Взаимодействующие блоки	
	Экономический	Природный
Развитие инновационной экономики	+	+
Создание материальных стимулов	+	
Формирование фокусных групп поддержки	+	+
Обеспечение комплексного развития	+	+
Создание материальных стимулов	+	
Формирование региональной идентичности населения	+	+



Рис. 9. Комплекс мер по стимулированию адаптационного развития системы для ее обновления.

ко с новыми отраслями экономического блока, но и с диверсификацией использования ресурсов природного блока: ветра – для развития “зеленой энергетики”, озерных систем – для развития аквакультуры, местных видов растений – для решения проблем рекультивации отвалов и т.д. Формирование фокусных групп поддержки возможно не только за счет адептов инновационных отраслей экономики, но и за счет различных экологических групп населения, возникающих благодаря стремлению к сохранению природы.

Обновление всей социоприродной системы возможно путем обеспечения комплексности адаптационных мероприятий, стимулирующих сближение перехода/приближения ее отдельных блоков к общему циклу обновления (рис. 9).

Раскроем возможное содержание предлагаемых адаптационных мероприятий. Потепление климата позволяет снизить расходы на рекультивацию пустошей за счет лучшей приживаемости высаживаемых культур, на обогрев помещений за счет сокращения отопительного сезона до 20 дней, увеличивает продолжительность период летнего туристического сезона на месяц и др., что необходимо учитывать в планировании муниципальных бюджетов. Уже в настоящее время в Мурманской области осуществляются мероприятия, предусмотренные Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации, реализуемые как в целом для региона, так и в его муниципальных образованиях с учетом местных условий⁷. Формирование фокусных групп для продвижения преобразований – известный социологический прием. Важность сбалансиро-

ванного развития рассмотрена нами выше. Государственная инновационная политика России предусматривает использование материального стимулирования (приоритетное финансирование прорывных направлений науки, налоговые преференции и др.). В Мурманской области уже существуют инновационные ваучеры для финансирования разработок инженерных решений, научных изысканий в промышленности, туризме и т.д., грантовая поддержка инноваций в сфере IT и другие формы материального стимулирования, которые требуют дальнейшего развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществляемая ныне стратегия устойчивого развития, отраженная во всех муниципальных и областной программах, пока слабо учитывает панархический характер социоприродной системы. Ни в одной из них нет оценки кумулятивного эффекта современных векторов ее развития. Отсюда – снижение эффективности многих мероприятий, оценка которой не проводится, хотя примеры можно привести уже сейчас. Так, при благоустройстве Комсомольской набережной в Мончегорске работы в 2022 г. осуществлялись только с июня, тогда как уже в мае температуры воздуха позволяли это сделать, обеспечив более благоприятные условия для приживаемости высаженных культур. В технологических программах металлургического производства в Мончегорске пока не учитывается возможность повышения эффективности применения физико-химических геотехнологий переработки бедного и техногенного сырья, содержащего цветные металлы, за счет увеличения продолжительности сезона биовыщелачивания (Сценарии ..., 2019).

Устойчивость социоприродной системы – это ее способность поглощать возмущения и ре-

⁷ Прогноз социально-экономического развития муниципального округа город Мончегорск с подведомственной территорией Мурманской области до 2029 года. <http://monchegorsk.gov-murman.ru> (дата обращения 26.05.2024); О прогнозе социально-экономического развития муниципального образования город Полярные Зори с подведомственной территорией на 2024 год и на период до 2026 года. <http://www.pz-city.ru> (дата обращения 26.05.2024).

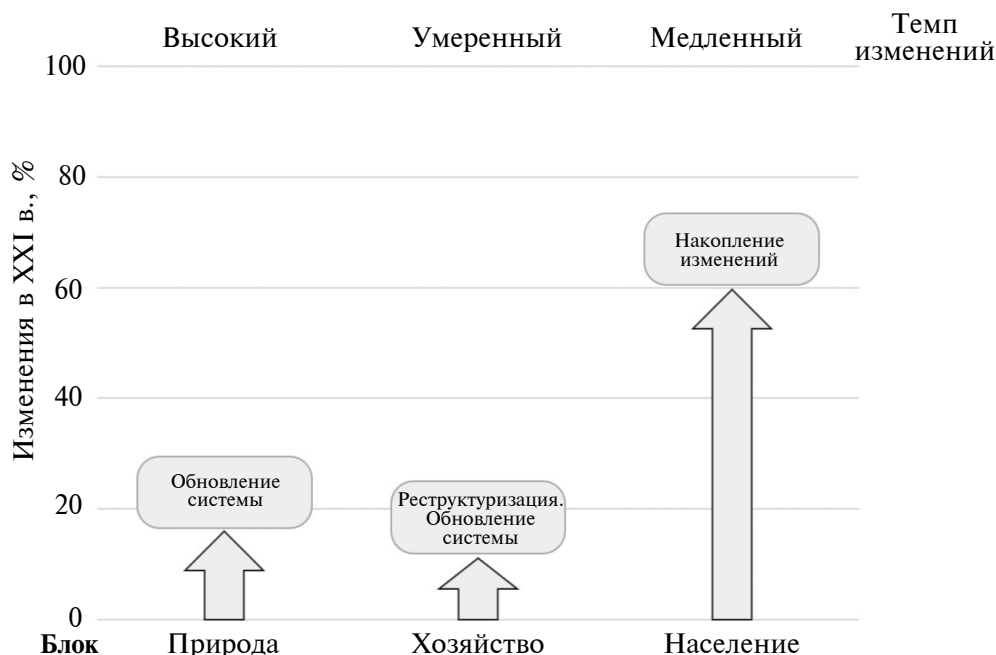


Рис. 10. Общая схема циклов развития блоков социо-природной системы.

организовываться, претерпевая изменения, сохраняя при этом свои основные функции. Устойчивость во многом определяется соотношением циклов развития системы исследуемой территории (рис. 10), гармонизация которых является сложной управленческой задачей.

Выявленные современные циклы развития блоков системы, среди которых наиболее динамичен природный в силу климатических изменений, четко обозначают направления их гармонизации в целях обеспечения адаптивного развития. Климатический фактор, обеспечивший переход природного блока в цикл обновления, оказывает неоднозначное влияние на развитие экономического и социального блоков, однако в целом стимулирует их общую реструктуризацию.

Гармонизация циклов требует анализа конкретных характеристик векторов развития блоков системы, существующих препятствий, приемлемых состояний их реструктуризации и преследуемых целей обновления. Возможные управленческие решения заключаются в разработке комплексных муниципальных планов, координирующих развитие экономики и социума на фоне потепления климата с использованием сценарного подхода. Решение управленческих задач осложняется и разномасштабными пространственно-временными циклами развития внутри самой социоприродной системы. Особого внимания заслуживает изучение экологических препятствий/порогов развития, для анализа которых уже имеется обширная база данных, а также возможности появления “черных лебедей”, связанных с экономической конъюнктурой и геополитической ситуацией.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено по теме двух Государственных заданий географического факультета МГУ: № 121040100322-8 и № 121051100162-6.

FUNDING

The study was carried out on the topic of two State assignments of the Faculty of Geography of the Moscow State University: nos. 121040100322-8 and 121051100162-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Второй оценочный докл. Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: общее резюме / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М.: Росгидромет, 2014. 60 с.
- Демин В.И. Основные климатические тенденции на Кольском полуострове за период инструментальных метеорологических измерений // Тр. Кольского науч. центра РАН. 2012. Т. 1. № 2. С. 98–110.
- Оценочный докл. об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: общее резюме / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М.: Росгидромет, 2008. 29 с.
- Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2020 году / Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области. Мурманск, 2021. 199 с.
- Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2022 году / Министерство

- природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области. Мурманск, 2023. 151 с.
- Евсеев А.В., Красовская Т.М. Кумулятивный эффект взаимодействия климатических и техногенных характеристик в панархической геосистеме импактной зоны Мурманской области // География: развитие науки и образования. 2021. Т. 2. С. 55–59.
- Евсеев А.В., Красовская Т.М. Техногенные энергетические потоки в бассейне оз. Имандра (Мурманская область) // География: развитие науки и образования. 2022. С. 47–51.
- Ключникова Е.М., Исаева Л.Г., Маслобоев В.А. и др. Сценарии развития ключевых отраслей экономики Мурманской области в контексте глобальных изменений в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2017. № 1 (25). С. 19–31.
- Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании / отв. ред. В.А. Снытко. Иркутск: ИГ СО РАН, 2001. 163 с.
- Красовская Т.М. Природопользование Севера России. М.: Географический фак-тет МГУ, 2008. 288 с.
- Сценарии развития Мурманской области в условиях глобальных неопределенностей и изменений климата / кол. авторов; под ред. В.А. Маслобоева, Л.А. Рябовой, Е.М. Ключниковой. Апатиты: КНЦ РАН, 2019. 52 с.
- Экологический атлас Мурманской области / гл. ред. Г.В. Калабин. М.— Апатиты, 1999. 48 с.
- Экологический атлас России. Мин-во природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Русское географическое общ-во, Моск. гос. ун-т имени М.В. Ломоносова / гл. ред. Н.С. Касимов и В.С. Тикунов; отв. ред. В.Р. Венчикова и Т.В. Котова. М.: Феория, 2017. 509 с.
- Barrett R.T., Hollister R.D., Oberbauer S.F., Tweedie C.E. Arctic plant responses to changing abiotic factors in northern Alaska // Amer. J. of Botany. 2015. № 102 (12). P. 2020–2031.
- <https://doi.org/10.3732/ajb.1400535>
- Braat L.C., Rudolf D.G. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private Policy // Ecosystem Services. 2012. № 1 (1). P. 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>
- Bousquet F., Botta A., Alinovy L., et al. Resilience & Development: Mobilizing for Transformation // Ecology and Society. 2016. № 21 (3). Art. 40. <https://doi.org/10.5751/ES-08754-210340>
- Farley J., Voinov A. Economics, socio-ecological resilience and ecosystem services // J. of Environ. Management. 2016. Vol. 183. P. 389–398.
- Gunderson L., Holling C. Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Washington-Covelo-London: Island Press, 2002. 507 p.
- May J., Hollister R., Betway K., et al. NDVI changes show warming increases the length of the green season at tundra communities in Northern Alaska: A Fine-Scale Analysis // Front. Plant Sci. 2020. Art. 1174. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01174>
- Pascual U., Mcelwee P., Diamond S., et al. Governing for transformative change across the biodiversity–climate–society nexus // BioScience. 2022. June. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac031>
- Walker B., Holling C., Carpenter S., et al. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems // Ecology and Society. 2004. № 9 (2). Art. 5. <https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>
- Weber J.-L. Beyond GDP: Ecosystem services as components of progress, wealth and well-being // Solutions for Sustaining Natural Capital and Ecosystem Services. Proc. Int. Conference and Workshop. Salzau Castle and Kiel Univ., 2010.
- Wilson S., Wilson L., Pearson L., et al. Separating adaptive maintenance (resilience) and transformative capacity of social–ecological systems // Ecology and Society. 2013. № 18 (1). Art. 22. <https://doi.org/10.5751/ES-05100-180122>

Climatic Factor in the Modern Cycle of Development of Socio-Natural Systems (on the Example of the Lake Imandra Basin)

A. V. Evseev^a and T. M. Krasovskaya^{a, *}

^aLomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: krasovsktex@yandex.ru

For several decades a panarchic type of social–natural system has been formed in the territory of the Imandra basin (Murmansk oblast): within certain time intervals the development of its “nature–society–economy” blocks can be multidirectional, multi-temporal and multi-scale. The modern system of nature management in the territory determines the synergy of matter–energy flows produced by the blocks, which reflects the panarchic nature of the system. The modern development cycles of the social–natural system blocks were analysed in order to reveal the mechanisms for achieving their renewal in accordance with sustainable development. This reflects the aim of the research. The analysis was based on the processing of thematic publications and statistical data, results of field ecological–landscape studies conducted by the authors. Different rates of transformation of the system blocks were clearly manifested in the 21st century, each block having different stages of development. The climatic factor controlling the development of the natural block was clearly manifested since the last third of the 20th century and stimulated the renewal of the system. The modern stage of development of the social block was characterised by the accumulation cycle of changes, and the economic block by the restructuring cycle. The socio–natural system of the territory during its development overcomes certain thresholds—turning points of its vectors changes. Signs of overcoming the threshold of disturbances destroying the natural block by reducing the

anthropogenic load and intensification of the biogeochemical cycle due to climate warming have been marked. Harmonisation of development cycles is a complex management task, the solution of which requires an analysis of the specific characteristics of the system blocks, the existing obstacles to their development, the acceptable states of their restructuring and the objectives of their renewal. The socio-natural system does not have an absolute coincidence of development cycles, but the general equilibrium can be ensured by their convergence. Mechanisms have been proposed to accelerate the restructuring cycle of the social block for its renewal.

Keywords: panarchic system, development cycle, climatic vector, adaptation, management, Lake Imandra basin

REFERENCES

- Barrett R.T., Hollister R.D., Oberbauer S.F., Tweedie C.E. Arctic plant responses to changing abiotic factors in northern Alaska. *Amer. J. of Botany*, 2015, vol. 102, no. 12, pp. 2020–2031.
<https://doi.org/10.3732/ajb.1400535>
- Bousquet F., Botta A., Alinovy L., et al. Resilience & development: mobilizing for transformation. *Ecol. Soc.*, 2016, vol. 21, no. 3, art. 40.
<https://doi.org/10.5751/ES-08754-210340>
- Braat L.C., Rudolf D.G. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private Policy. *Ecosyst. Serv.*, 2012, vol. 1, no. 1, pp. 4–15.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>
- Demin V.I. The principle climatic tendencies at the Kola peninsula within the period of instrumental meteorological monitoring. *Tr. Kol'sk. Nauch. Ts. RAN*, 2012, vol. 1, no. 2, pp. 98–110. (In Russ.).
- Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Murmanskoi oblasti v 2020 godu* [Report on the State and Environmental Protection of the Murmansk Region in 2020]. Murmansk, 2021. 199 p.
- Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Murmanskoi oblasti v 2022 godu* [Report on the State and Environmental Protection of the Murmansk Region in 2022]. Murmansk, 2023. 151 p.
- Ekologicheskii atlas Murmanskoi oblasti* [Ecological Atlas of the Murmansk Region]. Kalabin G.V., Ed. Moscow-Apatity, 1999. 48 p.
- Ekologicheskii atlas Rossii* [Ecological Atlas of Russia]. Kasimov N.S., Tikunov V.S., Eds. Moscow: Feoria Publ., 2017. 509 p.
- Evseev A.V., Krasovskaya T.M. Cumulative effect of climatic and technogenic characteristics in panarchic geosystem in the impact zone of the Murmansk region. *Geogr.: Razvit. Nauki Obrazov.*, 2021, vol. 2, pp. 55–59. (In Russ.).
- Evseev A.V., Krasovskaya T.M. Technogenic energy fluxes in the lake Imandra basin, Murmansk region. *Geogr.: Razvit. Nauki Obrazov.*, 2022, vol. 2, pp. 47–51. (In Russ.).
- Farley J., Voinov A. Economics, socio-ecological resilience and ecosystem services. *J. Environ. Manage.*, 2016, vol. 183, pp. 389–398.
- Gunderson L., Holling C. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington-Covelo-London: Island Press, 2002. 507 p.
- Kluchnikova E.M., Isaeva L.G., Masloboev V.A., et al. Scenarios for the development of the Murmansk Region key economic sectors in the context of global changes in the Arctic. *Arktika: Ekol. Ekon.*, 2017, no. 1, pp. 19–31. (In Russ.).
- Korytnyi L.M. *Basseinovaya kontseptsiya v prirodopol'zovanii* [Basin Concept in Nature Management]. Snytko V.A., Ed. Irkutsk: IG SO RAN, 2001. 163 p.
- Krasovskaya T.M. *Prirodopol'zovanie na Severe Rossii* [Environmental Management in the North of Russia]. Moscow: URSS, 2008. 288 p.
- May J., Hollister R., Betway K., et al. NDVI changes show warming increases the length of the green season at tundra communities in Northern Alaska: a fine-scale analysis. *Front. Plant Sci.*, 2020, art. 1174.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01174>
- Otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviy na territorii Rossiiskoi Federatsii: obshchee rezyume* [Assessment Report on Climate Change and Its Consequences on the Territory of the Russian Federation: General Summary]. Moscow: Rosgidromet, 2008. 29 p.
- Pascual U., Mcelwee P., Diamond S., et al. Governing for transformative change across the biodiversity–climate–society nexus. *BioScience*, 2022.
<https://doi.org/10.1093/biosci/biac031>
- Stsenarii razvitiya Murmanskoi oblasti v usloviyakh global'nykh neopredelennosti i izmenenii klimata* [Scenarios for the Development of the Murmansk Region in the Context of Global Uncertainties and Climate Change]. Masloboeva V.A., Ryabovoi L.A., Klyuchnikovoi E.M., Eds. Apatity: Kol'skii Nauchnii Tsentr RAN, 2019. 52 p.
- Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii: obshchee rezyume* [The Second Assessment Report of Roshydromet on Climate Change and Its Consequences on the Territory of the Russian Federation: General Summary]. Moscow: Rosgidromet, 2014. 59 p.
- Walker B., Holling C., Carpenter S., et al. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecol. Soc.*, 2004, vol. 9, no. 2, art. 5.
<https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>
- Weber J.-L. Beyond GDP: Ecosystem services as components of progress, wealth and well-being. In *Solutions for Sustaining Natural Capital and Ecosystem Services. Proc. International Conference and Workshop. Salzau Castle and Kiel University*, 2010.
- Wilson S., Wilson L., Pearson L., et al. Separating adaptive maintenance (resilience) and transformative capacity of social–ecological systems. *Ecol. Soc.*, 2013, vol. 18, no. 1, art.22.
<https://doi.org/10.5751/ES-05100-18012>