

КРУГОВОРОТ ЭКОСИСТЕМ В ПРИРОДЕ (ЗАЧЕМ СОЗДАВАТЬ ЗАПОВЕДНИКИ НАВЕЧНО?)

Валерий Бриних, Институт региональных биологических исследований (Майкоп)

ОБЩЕФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Экологические системы, как и любые живые организмы, относятся к открытым системам. В отличие от закрытых, способных обмениваться с окружающей средой только энергией, открытые термодинамические системы могут обмениваться с другими системами как энергией, так и веществом (ресурсами).

Существует известный термодинамический вариационный принцип, согласно которому при возможности формирования нескольких типов организации реализуется структура, имеющая минимальную энтропию и способная наиболее эффективно поглощать и концентрировать рассеянную энергию, усваивать и аккумулировать вещество (Ткаченко, 2014). Эта особенность (способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности за счет рассеянной энергии) отличает живые организмы, экосистемы и биосферу в целом от закрытых систем, стремящихся к состоянию максимальной энтропии.

Согласно первому началу термодинамики, энергия не может создаваться заново и исчезать, а только переходит из одной формы в другую. Растения, как первичное звено трофической цепи, усваивают рассеянную энергию непосредственно из окружающей среды. Для растений мощным источником такой энергии или «отрицательной энтропии», в первую очередь, является солнечный свет (Шредингер, 1972). Кроме того, источниками отрицательной энтропии являются тепло, вода и пр. Все это обеспечивает процесс фотосинтеза, в результате чего рассеянная энергия преобразуется в первичную продукцию – фитомассу, т.е. состояние с более низкой энтропией. Однако особенностью травянистых растений является то обстоятельство, что, в отличие от древесно-кустарниковой растительности, они не способны аккумулировать в себе избыточную энергию. В степных экосистемах излишек произведенной энергии аккумулируется не столько в подземных частях растений, сколько вне их – в почве. В результате свойства почвы изменяются: увеличивается насыщенность гумусом, минеральными формами азота, увеличивается влажность, снижается содержание карбонатов, повышается кислотность (Дидух, 2014). Поэтому Г.Н. Лысенко (2014) отмечает, что смещение почвенных характеристик делает невозможным произрастание типичных степных видов (прежде всего ксерофитных дерновинных злаков – ковылей, типчаков, житняков, тонконогов, овсецов и др., а также сопутствующего разнотравья), и в то же время создает условия для инвазии более мезофильных видов (луговых и даже лесных).

Таким образом, при отсутствии жестко заданных параметров среды, любая экосистема стремится к состоянию климакса, т.е. некоему конечному устойчивому состоянию, в котором приходящая извне рассеянная энергия утилизируется наиболее эффективным способом, сводя чистую годовую продукцию практически к нулю. Такое климаксовое состояние экосистемы является конечным результатом цепочки сукцессий – последовательных и, чаще всего, необратимых смен биогеоценозов под воздействием комплекса внешних и внутренних факторов. Например, водная экосистема через процесс заболачивания преобразуется в торфяник, а травянистое сообщество путем зарастания древесно-кустарниковой растительностью превращается в лесное, способное эффективнее депонировать углерод.

Как верно заметил Я.П. Дидух (2014), растительные сообщества в своем развитии не воспроизводят себе подобных, а направлены на изменение. Вектор этого процесса определяется тем, насколько данная экосистема соответствует постоянно меняющимся условиям внешней среды. При этом указанный автор справедливо делает вывод, что предыдущая организация системы не сохранится, а изменится. Движущей силой этого изменения являются колебания энергетического потенциала экосистемы, обусловленные интенсивностью преобразования рассеянной энергии в более упорядоченное состояние.

Однако изменение энергетического потенциала экосистемы может быть как возрастающим, так и в сторону снижения. При более теплом и влажном климате количество рассеянной энергии увеличивается и, соответственно, увеличивается объем утилизируемой растениями рассеянной энергии. Энергия преобразуется в фитомассу, объем которой существенно возрастает. Избыток энергии, который не удается полностью аккумулировать в вещество, питает процесс преобразования степного фитоценоза в направлении еще большего упорядочения, т.е. достижения состояния наименьшей энтропии. Такому состоянию, как уже сказано выше, наиболее соответствуют лесные климаксовые сообщества. При похолодании климата, особенно, если это сопрягается с его сухостью, происходит обратный процесс. Еще В.В. Докучаев заметил, что лес потребляет больше влаги, чем травянистая растительность (Воробьев, 2004). Поэтому в условиях засушливого и прохладного климата лесная растительность начинает испытывать дефицит как солнечной энергии, так и влаги. В результате этого сначала происходит смена лесобразующих пород, затем лесные площади вообще фрагментируются и сокращаются, а травянистые сообщества, потребность которых в рассеянной энергии намного ниже, занимают господствующее положение. Об этом же говорит В.С. Ткаченко (2014): «Типичные» степные фитоценозы характеризуются достаточно выраженной экстремальностью условий существования».

ЦИКЛИЧНОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Параметры среды, способные заметно влиять на процессы преобразования экосистем на огромных территориях, имеют не только глобальный биосферный, но и космический характер. Ведь основной источник рассеянной энергии (солнечное излучение) зависит от активности нашей ближайшей звезды – Солнца. Еще в начале XX века известный климатолог М.А. Боголепов (1907), развивая концепцию о периодических возмущениях климата, предположил, что периодические «возмущения климата» на Земле и активность Солнца – соффецты одной причины, находящейся «не только вне Земли, но и вне солнечной системы», а именно в «электромагнитной жизни вселенной». В 30-е гг. прошлого столетия А.Л. Чижевский установил зависимость наполняемости Каспийского моря, Ладожского озера и озера Виктория от солнечной деятельности (Чижевский, 1973). Аналогичную зависимость другие исследователи установили для водоемов Кустанайской области (Байдал, 1971), Барабинской лесостепи (Максимов, 1984) и пр.

В.Г. Кривенко (2008) указывает, что физическая сущность подобной взаимосвязи заключается в том, что при повышении солнечной активности в высоких широтах активизируется циклоническая деятельность, в результате чего увеличивается перенос влаги из арктического пояса вглубь континента. Кроме того, объем осадков и, соответственно, степень увлажнения климата в значительной степени зависит от изменения меридионального градиента температуры (разницы средних температур в низких и высоких широтах). Его уменьшение приводит к снижению интенсивности потоков водяного пара,

поступающих с океанов вглубь умеренных широт континентов. Климат во внутриконтинентальных районах становится суше. Обратное положение возникает при увеличении меридионального градиента температуры, когда эффект переноса водяного пара вглубь континента усиливается, а увлажненность климата растет (Будыко, 1980; Дроздов, Григорьева, 1963).

Еще в конце XIX века климатолог Э.А. Брикнер выдвинул теорию о том, что климат всей Евразии изменяется циклически – от теплого засушливого до холодного влажного, а затем снова становится теплым и засушливым. Он считал, что подобные циклы повторяются каждые 35-45 лет (Кривенко, 2008). Однако на глобальные изменения растительных сообществ в континентальных масштабах подобные циклы из-за своей скоротечности не оказывают значительного влияния.

А.В. Шнитников (1957) предположил существование на протяжении всего голоцена циклических изменений климата Северного полушария с продолжительностью в 1500-2100 лет. При этом полный многовековой цикл прохладно-влажных тенденций климата развивается по схеме: минимум-максимум-минимум (минимум соответствует тепло-сухому периоду, а максимум – прохладно-влажному) с общей продолжительностью около 1900 лет.

Однако подобная цикличность отражает тенденции развития преимущественно водно-болотных экосистем. На сукцессионные процессы сухолюбивых (травянистых и лесных) растительных сообществ наибольшее влияние оказывает другие комплексы параметров: сочетание теплого и влажного климата либо холодного и сухого. Именно в последнем случае все потоки рассеянной энергии минимальны по своей интенсивности, что создает наиболее благоприятные условия для развития ксерофитных растительных сообществ.

Механизм подобной цикличности заключается в следующем (рис. 1):

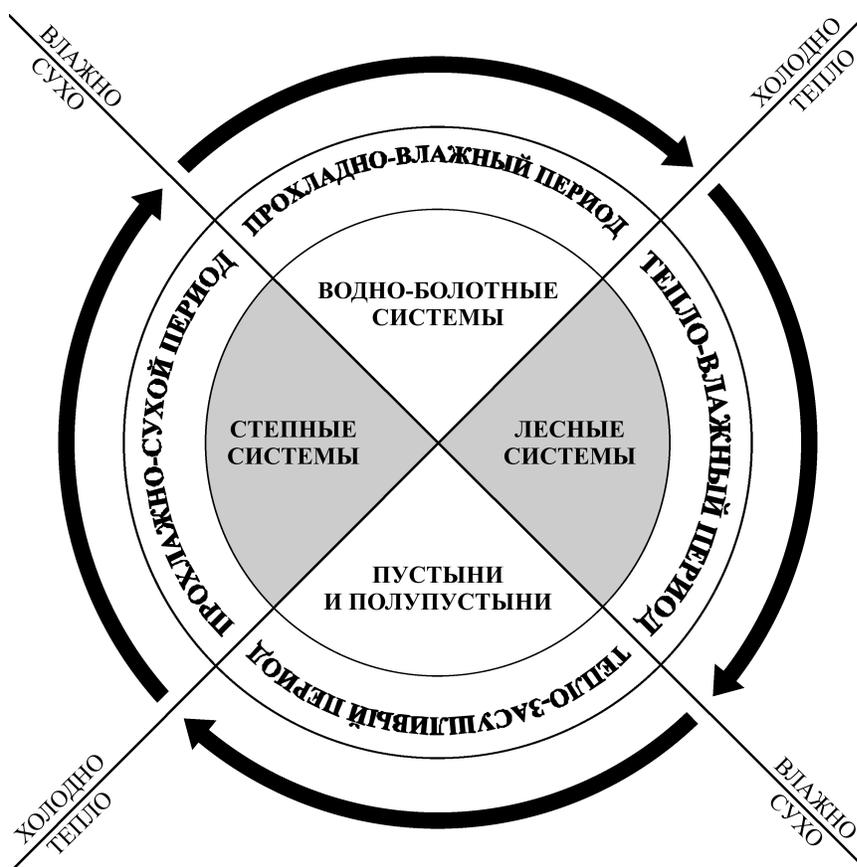


Рис. 1 – Цикличность климатических изменений и смены растительных сообществ

При увеличении солнечной активности повышается температура воздуха. Причем в более низких широтах климат становится теплее гораздо быстрее и интенсивнее, чем в высоких широтах с арктическим климатом. Меридиональный градиент температуры увеличивается, что приводит к усилению потоков переноса влаги вглубь континента и способствует повышению общей увлажненности климата. **На определенном этапе сочетание все еще достаточно низкого температурного режима и высокого уровня увлажненности способствует повышению уровня внутренних водоемов и развития водно-болотных экосистем.** Дополнительные объемы влаги увеличивают ее испаряемость с поверхности Земли. Планета как бы «потеет». При этом, как и при обычной потливости любого из нас, происходит охлаждение поверхности испарения. Значит, температурный режим низких и высоких широт постепенно выравнивается, а меридиональный градиент температуры уменьшается. Увлажненность климата при этом снижается из-за уменьшения объемов переноса влаги вглубь континента. Климат становится суше.

В прохладно-влажный период многовекового климатического цикла значительное развитие получает гигрофильная растительность, способная комфортно себя чувствовать на заболоченных участках в условиях регулярного подтопления и вымачивания..

Но общий температурный фон продолжает (правда, медленно из-за охлаждающего эффекта транспирации) повышаться. Ведь солнечная активность никуда не делась! Падает уровень озер и внутренних морей, замедляются процессы заболачивания, высыхают целые водно-болотные экосистемы. **Поэтому на определенном этапе сочетание умеренных (достаточно высоких) температур и прогрессирующего снижения увлажненности создает условие для развития древесно-кустарниковой растительности и процветания лесных экосистем.** Вначале – более холодоустойчивых мелколиственных и темнохвойных, затем – теплолюбивых смешанно-широколиственных (сперва – более мезофитных буково-кленовых, затем – более ксерофитных дубовых и сосновых).

Нарастающая ксерофитизация растительности обусловлена повышением температурного режима и увеличивающейся засушливостью климата. Испарение влаги лесной растительностью намного превышает приток влаги из высоких широт в более низкие. На определенном этапе подобный дисбаланс достигает пиковых значений. **Наступает засушливо-теплая фаза многовекового климатического цикла.** В южных районах Евразии, особенно в континентальной азиатской части материка) площадь лесов, особенно широколиственных, повсеместно сокращается, образуются пустыни и полупустыни, а в умеренных широтах формируется зона сухих степей. Граница леса продвигается на север, в высокие широты, леса распространяются по побережью и даже на островах арктических морей.

Меридиональный градиент температуры в этот период достигает максимальных значений. Следовательно, опять запускается механизм переноса водяного пара с океанов вглубь континентов. Медленно начинает повышаться увлажненность климата, растет число осадков. Территориальные комплексы низких широт остужаются подобно тому, как разгоряченное после бани человеческое тело остужается ушатом холодной воды. С нарастанием увлажненности климат становится все прохладнее. **В определенный момент сочетание относительно прохладного температурного режима и еще сохраняющейся сухости климата дает фору развитию степных экосистем,** получившим преимущество перед более влаголюбивыми лесными и, тем более, водно-болотными сообществами.

Затем, из-за уменьшения меридионального градиента температуры, скорость собственно похолодания замедляется. Однако нарастание увлажненности климата компенсирует это замедление и общий процесс похолодания прогрессирует, пока не достигнет показателей, характерных для климатических пессимумов. **Переувлажненность климата в этот период формирует условия для развития водно-болотных экосистем.**

А далее снова процесс продолжается в сторону повышения температур и снижения увлажненности согласно описанному выше механизму (таблица 1).

Таблица 1 – Повторяемость климатических параметров (температуры и влажности)

понижение температуры		повышение температуры		понижение температуры		повышение температуры		понижение температуры		повышение температуры	
холод	холод	тепло	тепло	холод	холод	тепло	тепло	холод	холод	тепло	тепло
сухо	влажно	влажно	сухо	сухо	влажно	влажно	сухо	сухо	влажно	влажно	сухо
повышение влажности		понижение влажности		повышение влажности		понижение влажности		повышение влажности		понижение влажности	

Примечание: серым фоном выделены максимумы и минимумы климатических параметров.

В этой общей схеме могут быть отклонения. Даже в одной и той же местности в разные годы солнечная активность проявляется по-разному. Доказано, что солнечная активность тоже имеет свои периоды, ритмы и циклы. Причем наиболее заметны и наглядны внутривековые колебания, периодичность которых составляет, по различным источникам, от 9 до 14 лет. Однако, описанная выше схема климатической цикличности претерпит принципиальные изменения лишь в случае долгосрочного, измеряемого тысячелетиями, изменения направленности солнечной деятельности.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХРОНОЛОГИЯ

Несомненно воздействие солнечной активности на катастрофические климатические явления, на суровость зим и летние засухи, связанные с неурожаем и прочим негативным воздействием на растительный и животный мир, на человеческую цивилизацию. Поэтому анализ хронологии катастрофических явлений и неурожаев по причинам климатического характера свидетельствует об общем тренде роста солнечной активности. Особенно заметно влияние повышенной солнечной активности на природу в восточной части Европы (в границах Европейской части России и европейских государств – бывших республик Советского Союза), начиная с конца I-го тысячелетия современной эпохи (Бараш, 1989).

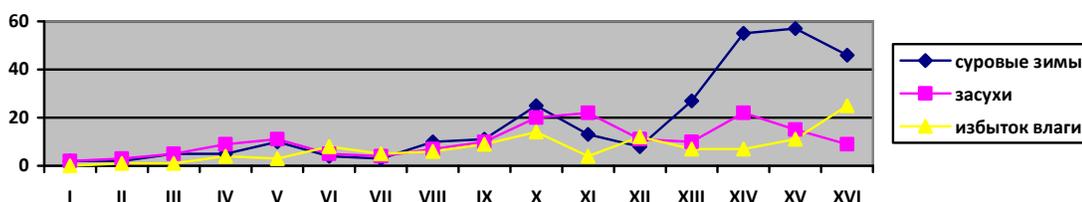


Рис. 2 – Динамика чрезвычайных недородов в Восточной Европе (причины) (I-XVI вв. н.э.)

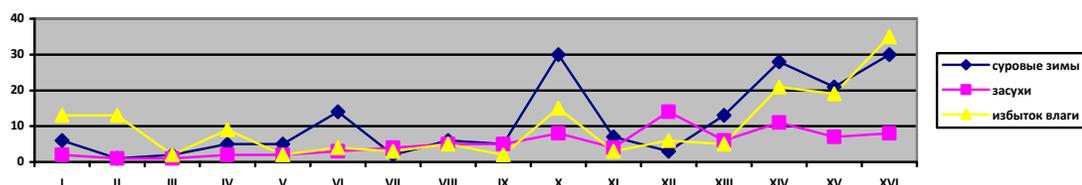


Рис. 3 – Динамика чрезвычайных недородов в Западной Европе (причины) (I-XVI вв. н.э.)

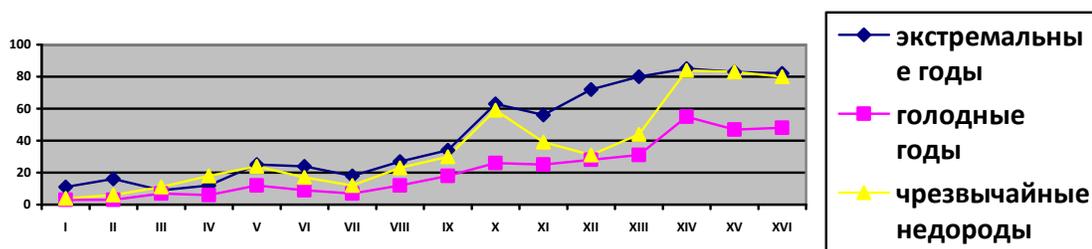


Рис. 4 – Динамика метеорологических экстремумов в Восточной Европе (I-XVI вв. н.э.)

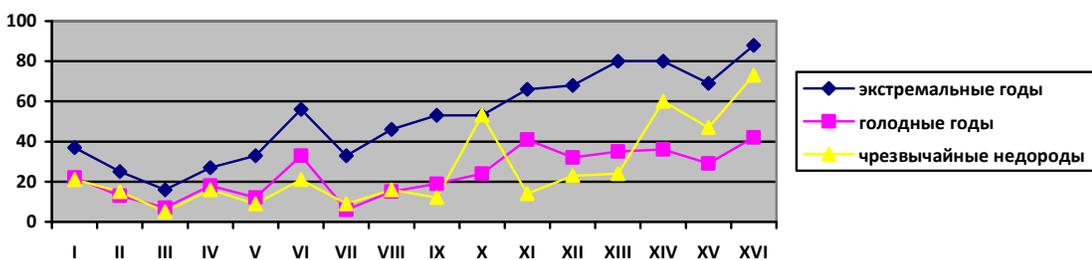


Рис. 5 – Динамика метеорологических экстремумов в Западной Европе (I-XVI вв. н.э.)

Хронологический анализ изменения климата и динамики изменений связанного с этим процессом растительного покрова на территории современной Европы в голоцене показал (таблица 2) периодичную сменяемость экосистем различного типа в зависимости от климатических колебаний.

Таблица 2 – Распределение климатических условий по протяженности периодов их преобладания в Европе в голоцене (Бараш, 1989; Кривенко, Виноградов, 2008)

Климатические условия	Кол-во лет	Периодичность летоисчисления	Преобладающий тип растительности	Исторические периоды
прохладно и сухо	1000	11-10 тыс. лет до н.э.	тундростепь	Поздний дриас
прохладно и сухо	2000	10-8 тыс. лет до н.э.	степь	Пребореальный период
прохладно и сухо	2000	8-6 тыс. лет до н.э.	лесостепь	Бореальный период
тепло и сухо	500	6-5,5 тыс. лет до н.э.	лесостепь	Атлантический период
тепло и влажно	100	5,5-5,4 тыс. лет до н.э.	лес	
прохладно и сухо	400	5,4-5 тыс. лет до н.э.	степь	
тепло и влажно	500	5-4,5 тыс. лет до н.э.	лес	
прохладно и сухо	1500	4-3 тыс. лет до н.э.	степь	
прохладно и сухо	200	2,2-2 тыс. лет до н.э.	степь	Суббореальный период
прохладно и влажно	800	2-1,2 тыс. лет до н.э.	водно-болотные уг.	

тепло и сухо	200	1,2-1 тыс. лет до н.э.	лесостепь	
прохладно и влажно	100	IX в. до н.э.	водно-болотные уг.	
тепло и сухо	300	VIII-VI вв. до н.э.	лесостепь	
прохладно и влажно	50	первая пол. V в. до н.э.	лесостепь	
прохладно и сухо	100	с конца V до сер. IV в. до н.э.	степь	Субатлантический период
прохладно и влажно	350	IV в. до н.э. - 0 н.э.	водно-болотные уг.	
тепло и сухо	200	I- II в. н.э.	лесостепь	
тепло и влажно	150	II- конец IV вв. н.э.	лес	
тепло и сухо	400	конец IV- нач. VIII вв.	лесостепь	
тепло и сухо	200	VIII-IX вв. н.э.	лесостепь	
прохладно и влажно	100	X в. н.э.	лес	
тепло и сухо	200	XI-XII вв. н.э.	лесостепь	
прохладно и влажно	100	XIII в. н.э.	лесостепь	
прохладно и влажно	550	XIV-сер. XIX вв. н.э.	водно-болотные уг.	
потепление климата	80	конец XIX в. – 1940 г.	лес	
похолодание климата	20	1941 г. – сер. 1960-х гг.	лес	
потепление климата	50	сер. 1960-х гг. – наст. вр.	лес	

ВЫВОДЫ

1. Как свидетельствует анализ материалов о цикличности климатических изменений, два климатических параметра (температура и влажность) изменяются в противоположных друг другу фазах, образуя регулярно повторяющиеся максимумы и минимумы. В областях, образуемых крайними значениями этих параметров, формируются условия для прохладно-влажной и тепло-сухой фазы климатического цикла. Условия для развития лесных и степных экосистем образуются в промежуточных фазах климатического цикла: для степных сообществ – при совпадении векторов снижения температурного режима и повышения влажности климата; для лесных сообществ – при совпадении векторов повышения температурного режима и снижения влажности климата. При повышении температуры воздуха влажность снижается до минимума, а при понижении – растет до максимума.

2. Глобальные изменения растительных сообществ в масштабах континентов происходят под влиянием многовековых климатических циклов, а не краткосрочных внутривековых климатических колебаний. Поэтому мониторинговые исследования в заповедниках должны вестись с многовековой перспективой, а создание самих заповедников на неопределенно длительный период (навечно) должно быть закреплено законодательно.

3. Как следует из приведенного в статье анализа механизма цикличности климатических изменений и смены растительных сообществ, в настоящее время развивается процесс перехода от прохладно-влажного периода (после завершения малого ледникового периода в Европе) к засушливо-теплой фазе, который может продлиться около 800-1000 лет. Таким образом, можно предположить, что развитие тепло-влажной промежуточной фазы, формирующей условия для лесных экосистем, достигнет кульминации лет через 300-500. Степные сообщества в Европе будут полностью фрагментированы, а во многих местах исчезнут вообще. Их место займут лесные экосистемы на различных стадиях сукцессии. Только после этого процесс сдвинется в сторону снижения увлажненности, а позже (еще

через 200-300 лет) станет понижаться температура. Наступление периода расцвета степей можно ожидать не ранее конца III-го – начала IV-го тысячелетия. А на сегодня прошло всего 150-200 лет с момента завершения предыдущего цикла. Поэтому степные экосистемы в настоящее время переживают тяжелые времена даже без вмешательства человека с его страстью к преобразованиям.

4. Установленная прямая корреляция сменяемости растительных сообществ с глобальными изменениями климата вне зависимости от уровня антропогенного воздействия на экосистемы в разные исторические эпохи свидетельствует о том, что выпас скота, сенокошение и другая человеческая деятельность играют второстепенную роль в подобных процессах. Собственно говоря, весь в целом антропогенный фактор ничтожен в сравнении с климатическим фактором, определяемым космическими воздействиями. Поэтому он особо не влияет на общую тенденцию эволюции экосистем. Однако на локальном уровне антропогенный фактор, действуя в условиях энергетического дефицита из-за прохладного и сухого климата, все-таки может довольно успешно удерживать конкретные степные сообщества на уровне субклимаксовых ценоструктур. Учитывая высокую энергетику сукцессионных процессов, уровень воздействия антропогенного фактора при этом также должен быть достаточно высоким, чтобы противодействовать глобальным изменениям. Это, в свою очередь, вызывает обоснованные сомнения в правомочности человеческого вмешательства в целях регулирования сукцессионных процессов на территориях государственных природных заповедников, где запрещено любое вмешательство в естественный ход природных процессов. И уж тем более такой уровень вмешательства, который будет неизбежно негативно сказываться на природных комплексах и их компонентах.

ЛИТЕРАТУРА

- Байдал М.Х. 1971. Колебание климата Кустанайской области в XX столетии. Л.: Гидрометеиздат. С. 213.
- Бараш С.И. 1989. История неурожая и погоды в Европе (по XVI в. н.э.). Л.: Гидрометеиздат. 237 с.
- Боголепов М.А. 1907. О колебаниях климата Европейской России в историческую эпоху // Землеведение. М. Кн. 2. С. 58-162.
- Будыко М.И. 1980. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеиздат. 350 с.
- Воробьев И.И. 2004. Идеи Докучаева и территориальная охрана степей. // СБ. № 15.
- Дидух Я.П. 2014. Что мы должны охранять в степных заповедниках? // СБ. № 40. С. 8-10.
- Дроздов О.А., Григорьева А.С., 1963. Влагооборот в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат. 316 с.
- Кривенко В.Г., Виноградов В.Г. 2008. Птицы водной среды и ритмы климата Северной Евразии / отв. ред. М.А. Вайсфельд, А.С. Мартынов; Ин-т географии РАН; Науч. центр – охрана биоразнообразия РАЕН. 588 с.
- Лысенко Г.Н. 2014. Степные заповедники и абсолютно заповедный режим: поиски компромисса. // СБ. № 40. С. 11-15.
- Максимов А.А. 1984. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. Новосибирск: Наука. 249 с.
- Ткаченко В.С. 2014. Детерминировано природой. // СБ. № 40. С. 5-7.

- Чижевский А.Л. 1930. Земное эхо солнечных бурь. М.
- Шнитников А.В. 1957. Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 336 с.
- Шредингер Э. 1972. Что такое жизнь? С точки зрения физика. 2-е изд. М.: Атомиздат. 88 с.