

ЭКВИФИНАЛЬНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ

А. Т. Напрасников

© **Напрасников Александр Тимофеевич**

доктор географических наук,
Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
Иркутский государственный университет,
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
E-mail: r.kodar@mail.ru

Обосновывается эквифинальность — как завершающая стадия развития географических систем с последующей их деградацией или переходом в иное состояние. Установлено, что завершающая стадия формирования всех природных систем является высшей точкой развития — эволюционным инвариантом их структур и режимов, прогнозным индикатором современного и будущего состояния. Раскрывается сценарий формирования природных и хозяйственных геосистем. Показано, что геосистемы характеризуются предельными размерами и максимальной интенсивностью и, следовательно, их развитие ограничено в пространстве и во времени. На этих положениях обосновывается естественный предел природных систем и ограниченный потенциал хозяйственного освоения. Данные положения подтверждаются концепцией оптимума физико-географического процесса и принципом дополнительности. В целом для биосферы (131,4 млн км²) предел формирования естественных систем составляет 32,4 млн км². Это максимально возможные размеры осваиваемых крупных природных комплексов. Данным пределом контролируются и масса-энергетические балансы обрабатываемых земель. Поэтому возможно рассматривать географический предел как максимальную функцию взаимодействия каждого ландшафта с климатом, с иными факторами внешнего воздействия, с хозяйственной деятельностью человека. В конце XX века площади используемых и резервных земель планеты уже превысили географический предел (34,81 млн км²). Максимальное зональное орошение земель приблизилось к 1,11 млн км², равное орошению в зоне субтропических влажных и пустынных землях — 1,06 млн км². Эти ландшафты уже освоены и полностью преобразованы. Последующее региональное и зональное расширение орошаемых земель не желательно. Далее анализируется необходимость не только теоретических, но и практических исследований рационального землепользования.

Ключевые слова: эквифинальность; сукцессия; климаксовое состояние ландшафта; физико-географический процесс; кризисное состояние; пахотнопригодные земли.

Для цитирования

Напрасников А. Т. Эквифинальность природных и антропогенных геосистем // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2019. № 4. С. 55–62.

Введение

Понятие «эквифинальность», как предел развития и достижения максимальных размеров географических систем отмечается в ряде естественных наук в виде фаз зрелости, оптимальной интенсивности, критических величин массы, энергии, а также

площадей ландшафтов. Физическая география к 1990-м гг. обосновала «феноменологические представления об иерархической организации территории, о статистической связи компонентов ландшафта, о соотношениях характерного пространства и времени процессов» (Пузаченко, 1995). Однако предел данных явлений до сих пор не раскрыт. В этой связи, в работе была поставлена цель: осуществить анализ и обоснование пределов развития природных и хозяйственных систем, потенциала их возможного использования.

Анализ предшествующих исследований

Впервые положение ограничивающего (лимитирующего) фактора обосновано в законе толерантности В. Э. Шелфорда. Его признаки имеются в принципе дополнительности Н. Бора, оптимуме физико-географического процесса А. А. Григорьева, в геосистемах В. Б. Сочавы. Эти разрозненные положения в биологии, географии и физике оказались едиными в познании взаимодействий ландшафта с внешними ресурсами окружающей среды, с хозяйственной деятельностью человека. В экологии правило В. Э. Шелфорда является универсальным законом выносливости биологических систем. Диапазон толерантности по каждому фактору ограничен минимальными и максимальными состояниями (Бродский, 2000). Максимальное состояние рассматривается, как высшая, кульминационная точка, за которой следует затухание. В геологическое периоды такие явления имели место, когда возникала необходимость сохранения организмов в замкнутых (рефугиумах) пространствах, переживая неблагоприятный для них период (Чепинога, Протопопова, Павличенко, 2017). Подобные проявления характерны распределению разных групп фаций в определенных площадях географических систем (Фролов, 2015). Проблемы пределов оптимальной жизнедеятельности и толерантности организмов в условиях экологического риска анализировались А. Т. Глуховым (2009). В географии А. А. Григорьев (1966) обосновал оптимум физико-географического процесса, как вершину его развития в условиях равенства атмосферных осадков водному эквиваленту радиационного баланса (испаряемости). В почвах при нем формируется оптимальное увлажнение, равное наименьшей влагоёмкости. В этих условиях биологическая продуктивность достигает максимальных величин. Данные критерии послужили основой определения мелиоративных норм орошения и осушения, как научное достижение, внедренное в практику хозяйственной деятельности человека.

Развитие оптимума физико-географического процесса подтверждается сукцессией, отражающей последовательную смену жизненных состояний ландшафта. Содержание процесса логично дополняется климаксовым состоянием ландшафта с высшей стадией его развития, соответствующей полному единству с климатом. Кульминацию подобного развития академик В. Б. Сочава назвал «эквивинальным состоянием» (Сочава, 1978).

Реализация принципа эквивинальности имеет место в гидрологии и прослеживается на примере низкого стока рек бассейна Колымы (Бояринцев, Сербов, Сытов, 2009). Модуль минимального стока возрастает до 12 л/с. км² при нарастании водосборной площади до 100–1000 км². Последующий рост площадей резко сокращает летнюю межень. Это происходит, когда водный режим гор сменяется равнинным. За этим следует увеличение площади водосбора, занятой растительностью и, следовательно, повышенным испарением. В гидрологии условия формирования стока рек

осуществляется по сценарию физико-географического процесса. В определенные периоды водные потоки приобретают многоводный и маловодный режимы, отражают проявления предельных состояний (Кичигина, Воропай, 2017).

Во всех изложенных формулировках присутствуют признаки оптимума и предела развития природных систем. Они соответствуют общему представлению о физико-географическом процессе, включающего развитие (адаптацию к внешним воздействиям), достижение зрелости (оптимума) — географического предела и последующую деградацию всей системы. Данные положения полностью реализуются в современной мелиорации, при создании совершенных мелиоративных систем. Так, эквивалентное равенство тепла и влаги обеспечивает наименьшую влагоёмкость почв и, соответственно, формирует оптимальную продуктивность растительности.

Принцип дополнительности и процессы эквивалентности

Б. М. Ишмуратов (1973) впервые применил принцип дополнительности Н. Бора при анализе географических проблем. Автор предложил расширить известную концепцию единства предельных и экстремальных явлений в физической и экономической географии. Общее определение данного принципа сформулировано следующим образом. Многие природные процессы представляют собой предельные, несовместимые и исключают друг друга явления. Лишь совместные, дополняющие друг друга их взаимодействия, могут сформировать единый завершающий процесс.

Наглядным примером может быть обоснование единства водного и теплового балансов. Данное единство связывает коэффициент увлажнения — отношение атмосферных осадков к максимально возможному испарению $\beta = X/E_m$. Вторым примером может быть единство мелиорации с экологией. Мелиорация, повышающая продуктивность земель, трансформирует их, а экология призвана сохранять природу. Эти противоречия преодолеваются посредством третьего дополнительного фактора — баланса равноценных затрат на сохранение экосистем и обеспечение мелиорацией максимальной биологической продуктивности.

Эквивалентность в природных и антропогенных системах

Доказательной базой изложенных положений послужили данные Г. В. Добровольского, И. С. Урусевской (2004), представленные в виде модели рациональной структуры земельных угодий. Эти данные несколько устарели, но являются единственной информацией, которая обеспечивает баланс связей между разными типами ландшафтов и хозяйственной деятельностью человека. Исходная информация была проверена, исправлена и дополнена данными из других литературных источников.

Площади пахотнопригодных земель на планете в конце прошлого столетия составили 32,78 млн км², 22% от размеров суши (149 млн км²) или от биологической сферы (133,4 млн км²) — 24,6%. Используемые и резервные площади пашен характеризуются графиками (рис. 1, А). Наивысшая точка тренда (y_1) во влажных и засушливых тропических системах представлена предельной площадью используемых и резервных земель — 6,3 млн км². За гранью этого предела еще в конце XX века оказались почвы влажных тропических почв с пониженными размерами — 6,1 млн км². Сокращение площадей пашен обусловлено старением ландшафтов, не соответствием климатическим условиям, изменением структур и режимов, их естественной деградацией и, следовательно, возникшей сложностью освоения. К такому же пределу приблизились тропические засушливые земли с размерами

5,9 млн км² на площади ландшафтов 17,1 млн км². Здесь явно прослеживаются связи ухудшающихся состояний ландшафтов с уменьшающимися размерами площадей пашен.

Связи больших почвенных групп — зональных ландшафтов с пахотнопригодными землями иные (рис. 1, Б). Это характерно большим площадям тундр, пустынных почв, черноземов, красноземов и желтоземов, пепельно-вулканических, каменистых, песчаных и других почвенных комплексов.

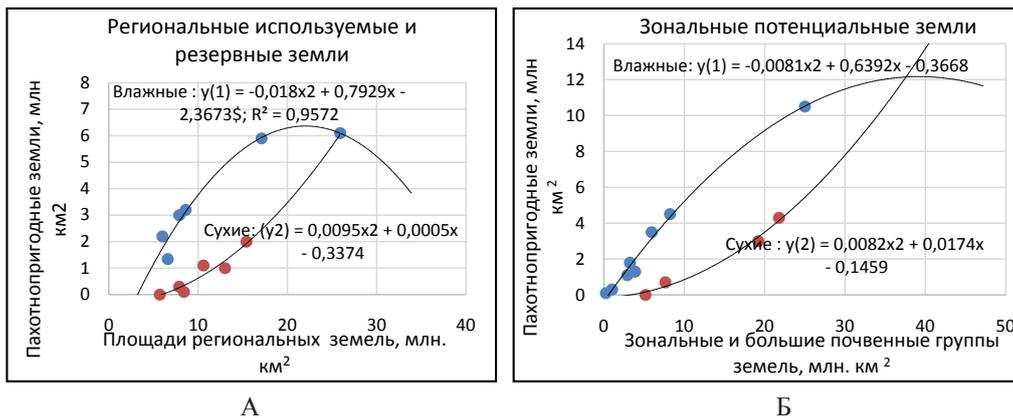


Рис. 1. Изменения площадей пашен в региональных и зонально-планетарных системах.

Во влажных биоклиматических комплексах с площадью 39 млн км² географический предел пашен составил 12,24 млн км² (рис. 1, Б). В сухих и неудобных землях используется всего 4,3 млн км² в пределах 21,8 млн км² географических систем. Расширение площадей их использования не является экономически эффективным.

На планетарном уровне анализ зональных и больших почвенных групп земель осуществлялся с привлечением площадей биосферы — 131,5 млн км² и потенциала пахотнопригодных земель — 31,9 млн км². Был определен их географический предел — 32,4 млн км². В конце XX века под пашнями находилось 32,78 млн км². Моделью рациональной структуры земельных угодий суши предусматривалась возможность расширения площадей обрабатываемых земель до 26,78 млн км² (Добровольский, Урусевская, 2004).

Таким образом, по разным методам в конце прошлого столетия должно быть освоено земель, соответствующее площадям географического предела — 32,4 млн км². Это равно зональному освоению тропических влажных и засушливых земель. Пашни сухих и климатически непригодных земель составили 4,7 млн км² на площади биоклиматических комплексов 8,6 млн км². Здесь потенциальный резерв освоения огромный, но явно не рентабельный. Практически ещё в прошлом веке потенциальный предел освоения пахотнопригодных земель был завершён.

В России прослеживается зонально-региональная дифференциация сельскохозяйственных угодий (рис. 2, А) равнинных лесов, лесостепи и степи. Обособленно выделяются площади лесов северной тайги и южных гор. Первые, характеризуются избытком влаги и недостатком тепла, слабо заселенными землями с минимальными площадями сельхозугодий — 0,06–0,12 млн га. Вторые обеспечены теплом и влагой, сформированы интенсивным сбросом избытка влаги в горах. При данных условиях

формируется наименьшая влагоёмкость горных почв в пределах 43 млн га, при общей площади горных ландшафтов — 565,4 млн га. Эти условия обеспечивают высокую продуктивность культурных растений.

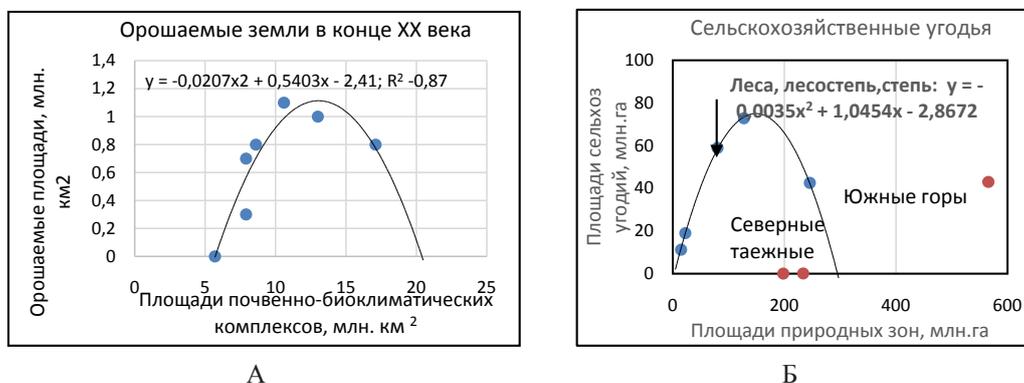


Рис. 2. Пахотнопригодные земли России и орошаемые земли планеты.

Площади сельскохозяйственных угодий равнин России являются функцией размеров природных зон. Здесь в природных комплексах, размером 149 млн га, максимальный географический предел сельскохозяйственных угодий составляет 75,2 млн га. К данному пределу близка хозяйственная деятельность в лесостепи. В ней распаханные земли составляют 72,8 млн га на 127,3 млн га ландшафтов. Лесостепь практически вся освоена. Частично освоены южные части лесов и тайги — южно-таежные и южно-лесные ландшафты. Они трансформировались в локальные природно-технические, урбанизированные и аграрные системы. Их экологическое состояние обеспечивается взаимодействием с окружающей средой и контролируется деятельностью человека. Здесь антропогенные ландшафты окружены слабо измененными лесами и тайгой.

В других природных системах площади сельхозугодий России наименьшие по сравнению с географическим пределом (79 млн га). В лесостепи они составляют 72,8 млн га, в умеренно влажных степях — 58,9 млн га, в сухих степях — 19 млн га, полупустынях — 11,2 млн га. Разница между географическим пределом освоения земель и уже освоенными площадями земель других природных комплексов является мелиоративной нормой орошения. При ее применении создаются благоприятные условия развития культурных растений. Таким образом, в России еще имеется значительный резерв рационального освоения целинных земель. Но необходимы соответствующие ландшафтные, экологические и мелиоративные исследования.

Зональная эквифинальность хозяйственных земель

В конце XX века в зональных природных системах планеты с площадью 13 млн км² предел орошаемых земель достиг 1,11 млн км² (рис. 2, Б). Предел орошения оказался равным орошению субтропических полупустынных земель — 1,06 млн км². Эти ландшафты освоены человеком и полностью преобразились. Данный предел, как бы «позволен» природой и соответствующими экономическими затратами человеческой деятельности.

В остальных зональных ландшафтах прослеживается единая тенденция — с увеличением площадей геосистем орошаемые земли возрастают. Но только до географического предела 1,11 млн га. За его гранью последующий рост площадей ландшафтов и размеры орошаемых земель сокращаются. Данный географический предел уменьшается в засушливых тропических комплексах с площадями 17,1 млн км² и с орошаемыми землями 0,8 млн км². К нему приближаются тропические пустынные земли с площадями 1,06 млн км² и с орошаемыми землями 1,1 млн км². В остальных системах проявляется полиномиальное сокращение орошаемых площадей относительно их размеров. Все это отлично фиксируется корреляцией тренда графика (рис. 2, Б). Дальнейшее расширение орошаемых земель не желательно. В связи с этим необходимо повышать продуктивность уже имеющихся пригодных земель.

Заключение

Обоснован принцип эквифинальности с признаками релаксации — уменьшения космической энергии планетарной влагой до их эквивалентного равенства. Это кульминационная стадия развития природных систем с термодинамическим равновесием и наиболее полным единством с климатом. Эквифинальность характерна экотону — лесостепи, которая является географо-климатическим инвариантом. Относительно его отсчитываются естественные дефициты или избытки влаги и тепла аридных и гумидных природных систем. В мелиорации относительно эквифинальности определяются нормы орошения и осушения культивируемых земель. Данное явление отражает стремление природы и общества к совместному совершенствованию, максимальному использованию равенства тепла и влаги, к повышению потенциальной силы географических систем. Иными словами: осуществлению оптимального сотворчества человека и природы. Эквифинальность определяют пределы формирования географических систем, а также пределы пространственной организации хозяйственных систем, с оптимальным соотношением экологического и экономического в условиях мелиорации земель.

Эквифинальность является индикатором формирования структур и функций природных и хозяйственных систем. Это следствие эволюции, как непрерывное движение во времени. Графической формой эволюционного движения является полиномиальный тренд с начальным возрастающим приращением её ординат. Эквифинальность, как высшая стадия совершенствования природных систем, в состоянии термодинамического и статистического равновесия при полной адаптации к внешним воздействиям, формирует энтропию. В таких условиях биологические системы проявляют максимальную продуктивность

Во всём изложенном следует подчеркнуть особенность географических пределов. При полной согласованности ландшафтных и климатических ресурсов, они достигают максимальных величин. Хорошо известно, что данный процесс усиливается антропогенной деятельностью (Белов, Владимиров, Соколова, 2016). Практически любые изменения составляющих ландшафтов, сопровождаются накоплением в них тепла. Возможно предположить, что источником современного глобального потепления являются территории государств с существенно преобразованными промышленностью и сельским хозяйством ландшафтами: США, Китай, Индия. Посредством северо-западной атлантической и муссонной тихоокеанской циркуляции воздушных масс, эти территории формируют глобальное потепление климата.

В целом на планете еще в конце XX века наступил предел использования земель под пашни и появились признаки критического состояния природных систем. Однако продолжается освоение территорий, неудобных для земледелия, которые возможно использовать только при повышенных экономических затратах. В данных условиях следует учитывать равнозначность затрат на сохранение окружающей среды и создание эффективных хозяйственных систем, безвредных для природы и человека.

Литература

1. Белов А. В., Владимиров И. В., Соколова Л. Н. Картографическая оценка состояния современной растительности Предбайкалья для оптимизации природопользования. // География и природн. ресурсы. — 2016. — № 2. — С. 62–68.
2. Бояринцев Е. Л., Сербов Н. Г., Сытов В. Н. Изменчивость низкого стока летней межени рек бассейна Колымы. // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Иркутск: НЦ РВХ ВСНЦ СО РАН. — 2009. — С. 25–31.
3. Бродский А. К. Краткий курс общей экологии. Учеб. пособие для ВУЗов. — Изд. «Деан». — 2000. — 224 с.
4. Глухов А. Т. Экологический риск выживаемости организмов // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии. Иркутск: — Изд. ИРГСХА. — 2009. — С. 146–150.
5. Григорьев А. А. Закономерности строения и развития географической среды — М.: Мысль, 1966. — 383 с.
6. Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв — М.: Изд. МГУ. — 2004. — 460 с.
7. Ишмуратов Б. М. Принцип дополнительности и современная география. // Доклады Института географии Сибири и ДВ. — Иркутск: ИГС и ДВ. — 1973. — С. 74–84.
8. Кичигина Н. В., Воропай Н. Н. Экстремальные гидроклиматические события в Байкальском регионе в период современных климатических изменений. // Экологический риск — Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН. — 2017. — С. 172–174.
9. Пузаченко Ю. Г. Методические основы измерения сложности ландшафта. // Известия РАН. — Серия география — 1995. — № 4. — С. 30–50.
10. Сочава В. Б. Учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука. — 1978. — 320 с.
11. Фролов А. А. Геоинформационное картографирование изменчивости ландшафтов (на примере Южного Прибайкалья). // География и природ. ресурсы. — 2015. — № 1. — С. 156–166.
12. Чепинога В. В., Протопопова М. В., Павличенко В. В. Выявление вероятных плейстоценовых микрорефугиумов на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье). // Сибирский экологический журнал. — 2017. — № 1. — С. 44–50.

EQUIFINALITY OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC GEOSYSTEMS

A. T. Naprasnikov

Aleksandr T. Naprasnikov

Dr. Sci. (Geo),

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS

1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033

Irkutsk State University, 5. Sukhe-Batora st., Irkutsk, 664003

E-mail: r.kodar@mail.ru

This paper outlines the formation scenario for natural and economic systems as the factor of their limit condition. Any natural conditions are characterized by limiting dimensions and by maximal intensity. In geosystems, their adaptation to external effects and development end in the limit, and the attainment of a full harmony with the climate is followed by the degradation or renewal. These statements serve as the substantiation of their limit condition and the potential of economic development. They were complemented by the law of the physical-geographical process and the principle of complementarity. On the whole, for the biological sphere (131.4 mil. km²) the limit was assessed at 32.4 mil. km². It is the limit of development of large natural complexes. Their total value is considerably larger. The limit also substantiates the mass and energy balances of lands under cultivation. Therefore, the geographical limit can be treated as a maximal function of the interaction of separate landscapes with the climate. In the late 20th century, the areas of a number of cultivated and reserve lands on the globe have already exceeded the geographical limit (34.81 mil. km²). For instance, the lands under irrigation reached 1.11 mil. km², which is equal to irrigation of subtropical desert lands, 1.06 mil. km². These landscapes have now been developed by man and are totally transformed. A further expansion of irrigated lands is undesirable. Further, an analysis is made of not only theoretical but also practical research on sustainable land management.

Keywords: geographical limit; succession; climax state of landscape; physical-geographical process; cultivable lands.