

Г.П. СКРЫЛЬНИК

Место и роль взаимодействий природных факторов и процессов в организации геосистем и создании устойчивого развития регионов (на примере Дальнего Востока)

Рассмотрены основные типы взаимодействий природных факторов и процессов. Отмечается, что уровень организации геосистем Земли соответствует четырем основным иерархическим уровням: глобальному, континентальному, региональному, локальному (или топологическому). Показано, что в рамках этих уровней взаимодействия факторов и процессов на Дальнем Востоке существенно различаются. Эта специфика наиболее ярко проявляется в масштабной иерархии природных явлений и объектов. С ней связана и динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического, гигрокриосного и ксерокриосного. При этом природная среда на протяжении всей эволюции испытывала эффект различных по интенсивности взаимодействий (типичных; экстремальных – критических и кризисных; катастрофических), в совокупности формирующих общую тенденцию развития.

Ключевые слова: взаимодействия, устойчивость, геосистемы, уровни организации, развитие, рациональное природопользование, Дальний Восток.

The place and role of natural factors and processes interactions in the organization of geosystems and creation sustainable development of the regions (by the example of the Far East Region). G.P. SKRYLNIK (Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok).

Basic types of interaction between natural factors and processes have been considered. In the course of the pursuing a goal, an emergence of the level organization of the Earth geosystems equivalent in specificity to 4 basic hierarchical levels (global, continental, regional and local or topological) was confirmed and traced. It was demonstrated that, within the framework of these levels, the interactions between the factors and processes in the Far East are essentially different. This specificity is clearly manifested in the large-scale hierarchy of natural phenomena and objects. The dynamics of basic types of the landscape genesis (hygro-thermos, xero-thermos, hygro-cryos and xero-cryos) is also related to it. At that, the environment, during all evolution, was subjected to the effect of different in intensity interactions (typical; extreme - critical and crisis; catastrophic) which have outlined totally the general trend of development.

Key words: interactions, sustainability, geosystems, levels of organization, development, sustainable nature management, Far East.

Введение

В статье исследованы основные типы взаимодействий природных факторов и процессов [3, 4, 15]. Арена и результаты этих взаимодействий на территории Дальнего Востока отличаются неповторимостью, поэтому их изучение является актуальным для региона.

СКРЫЛЬНИК Геннадий Петрович – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). E-mail: skrylnik@tigdvo.ru

Устойчивое развитие геосистем в общем плане можно прогнозировать, а его естественный ход вполне можно улучшить или подкорректировать. Так, до появления человеческого фактора устойчивое развитие конкретных геосистем на общем фоне эволюции географической оболочки Земли создавалось действием только типичных процессов и разрушалось под влиянием аномальных факторов и процессов. В настоящее время, когда естественные природные и антропогенные факторы и процессы «уравновесились», в корректировке устойчивого развития в равной степени участвуют обе группы факторов и процессов. При этом в целях рационального природопользования воздействие этих групп факторов и процессов должно обеспечивать сохранение эффектов типичных и критических взаимодействий, минимизацию кризисных и исключение катастрофических влияний.

Цель настоящей работы – на основе литературных источников, комплексных разработок и материалов собственных наблюдений автора оценить пространственно-временную дифференциацию взаимодействий природных факторов и процессов на Дальнем Востоке.

В природе встречаются самые разнообразные типы взаимодействий факторов и процессов (факторы – причины и движущие силы, процессы – последовательная смена явлений и состояний в развитии объектов), но круг основных из них объективно ограничен. Так, в физике основными являются фундаментальные взаимодействия элементарных частиц

Таблица 1

Взаимодействия факторов и процессов в рамках географической оболочки (составлено автором, 2004 г.)

№ п/п	Взаимодействие (тип)	Причинные связи, проявления и следствия
1	Гравитационное	Универсальное – самостоятельное и как дополнительно присутствующее при всех остальных типах взаимодействий; протекает под влиянием силы тяжести, имеет характер притяжения; всегда участвует в организации геосистем
2	Геофизическое	Осуществляется вследствие термо-, гидро- и барических градиентов; сопровождается механическим дроблением и структурированием вещества без изменения его минералогического состава. Ответственно за «жесткие» внутри-, межкомпонентные и межсистемные связи, обеспечивающие устойчивость геосистем
3	Геохимическое (включая биотическую составляющую)	Проходит с участием химических реакций, приводящих к глубоким преобразованиям вещества – тонкому измельчению, тонкому структурированию и минералогическому изменению. Биотическая составляющая обеспечивает усвоение солнечной энергии с целью продуцирования и накопления биовеществ. Отвечает за обретение геосистемами свойств пластичности, что смягчает воздействия и повышает общую их устойчивость; в итоге время релаксации геосистем в новых условиях сокращается
4	Антропогенное	Проявляется не только в сложных трансформациях естественных видов энергии и вещества, но и в порождении и направленно возрастающем включении в естественный теплообмен Земли «чуждых» ей видов энергии и техновеществ в результате хозяйственной деятельности человека. В целом снижает порог устойчивости естественных геосистем, формируя экологические риски; нарушает ритмы и циклы эволюционно устойчивого развития, на кризисных уровнях вызывая техногенные катастрофы
5	Геоинформационное	Сопровождает вышеперечисленные взаимодействия; запечатлевается в «структурной памяти» рельефа и стратификации вещества; специфически реализуется в организации новообразованных структур

Таблица 2

Общие характеристики организации геосистем Земли (составлено автором, 2003 г.)

Геосистемы и подсистемы	Геоморфосистемы и подсистемы	Ведущие факторы, процессы и условия	Уровни организации	Типы организации	Процессы (по вкладу)	«Эффекты» самоорганизации	Тренды устойчивости геосистем
Географическая оболочка	Геоморфосфера	Космо- и эндогенные	Глобальный	Биогеофизический	Типичные и критические с участием кризисных и отчасти катастрофических	Возникновение и развитие биосферы, природно-климатических поясов	Устойчивость геосистем возрастает снизу вверх (в направлении провинции–матрики–географическая оболочка)
Материки и океаны	Морфотектуры (планетарные формы)	Эндо- и космогенные с заметным участием антропогенных	Континентально-океанический	Зональный	Типичные и критические с участием кризисных	Континентальные и океанические типы зональности, атмосферной циркуляции, океанических течений	
Провинции (сектора)	Морфоструктуры и морфоскульптуры (мега- и макроформы)	Эндо-, экзо- и антропогенные	Региональный	Бассейновый	Типичные с участием критических	Системы эрозии и асимметрии склонов, кольцевые структуры и др.	
Районы (ландшафты, фации)	Морфоскульптуры (мезо-, микро- и наноформы)	Экзо- и антропогенные	Локальный	Топологический: растительность, почвы, рельеф	Типичные	Меандрирование рек, полигональные формы и др.	

четырёх типов – сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное. В географии при изучении комплексной физико-географической оболочки (КФГО) такого четкого обособления не проводится, но, исходя из накопленного опыта в естествознании, мы можем выделить следующие пять типов: гравитационное, геофизическое, геохимическое (включая биотическую составляющую), антропогенное и геоинформационное (табл. 1).

В исследовании использовались сравнительно-географический и информационный методы. При этом учитывалось, что сквозное взаимопроникновение и взаимодействие подсистем КФГО (лито-, атмо-, гидро-, педо-, фито- и зоосферы) выражаются в обмене веществом, энергией и информацией [7, 14]. Предметно это показано в более ранних работах автора.

КФГО и ее системные компоненты на протяжении всей эволюции испытывали сложное воздействие различных факторов и процессов (типичных; экстремальных – критических и кризисных; катастрофических), формирующих общую тенденцию развития геосистем. В настоящее время КФГО развивается под управлением естественных и антропогенных факторов (сил) [2, 5, 8, 14]. Сегодня системоформирующие антропогенные факторы и процессы стали принципиально равнозначными эндогенным и экзогенным. По многолетним наблюдениям автора, антропогенная ландшафтная эволюция Дальнего Востока протекает на всех уровнях и проявляется в той или иной степени в их аридизации и криотизации.

КФГО и ее составляющие сформировались в ходе сложного пространственно-временного комплексирования всех перечисленных в табл. 1 типов взаимодействий и разнопланового сочетания результатов взаимодействий факторов и процессов (космических, экзогенных, эндогенных, антропогенных), сопровождавшихся соответствующим межобъектным обменом вещества, энергии и информации. Из-за причинной связи «действие–противодействие» такой обмен является двухвекторным, он создает количественно соизмеримые, но качественно противоположные системоформирующие потоки – конструктивный и деструктивный. Динамическое взаимодействие двух потоков вещества, энергии и информации противоположной направленности предопределяет формирование, развитие и саморегулирование геосистем и тем самым обуславливает их спонтанное стремление к состоянию динамического равновесия [7].

Для арены и результатов взаимодействий факторов и процессов характерна пространственно-временная дифференциация, обусловившая возникновение четырехуровневой организации КФГО. Как отмечалось в ранних публикациях автора, эта специфика соответствует основным иерархическим уровням – глобальному, континентальному, региональному и локальному, или топологическому (табл. 2). В рамках этих уровней взаимодействия факторов и процессов существенно различаются. Это наиболее ярко проявляется в масштабной иерархии природных явлений и объектов (например, в рельефе соответствующей размерности: мега-; мега- и макро-; макро- и мезо-; мезо- и микроформах).

Результаты исследования и их обсуждение

В наших комплексных разработках представлены как общие сведения из литературных источников (раздел А), так и материалы тематических наблюдений автора (раздел Б).

А. Физико-географические процессы. Это основные системоформирующие процессы КФГО. Их энергетической базой служит естественно складывающееся соотношение тепла и влаги на конкретном ветровом фоне. В рамках КФГО им присущи характерные колебания, наиболее ярко прослеживающиеся на основных уровнях:

периодические – на глобальном; циклические – на континентальном; ритмические – на региональном; сезонные и погодные – на топологическом. Более сложная картина наблюдается по трансграничным уровням (контактным подсистемам), обладающим пластичностью и выполняющим разделительно-барьерную, а в случае антропогенного воздействия

на геосистемы – буферную стабилизирующую функцию. Как отмечалось выше, КФГО, и в частности геоморфосфера, на протяжении всей эволюции испытывала эффект различных по интенсивности взаимодействий факторов и процессов, в совокупности формирующих общую тенденцию развития и устойчивость геосистем (табл. 2). Определенные взаимоотношения пространства и времени в проявляющихся взаимосвязях устойчивости и устойчивого развития геосистем показаны на рис. 1.



Рис. 1. Принципиальная схема динамических соотношений пространства–времени, типов развития, устойчивости и устойчивого развития геосистем (составлено автором, 2004 г.)

С изменением взаимодействий факторов и процессов связана динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического, гигрокриосного и ксерокриосного. Более того, в каждом регионе Земли история развития природы, энергетически контролируемого конкретным соотношением тепла и влаги, отражалась в метакронности всех региональных событий.

В многообразии облика и внутреннего единства (в частности, в четырехуровневой организации) КФГО проявляются результаты периодических, циклических и ритмических колебаний развития (долгопериодных), включая динамику (среднепериодные) и функционирование (современные процессы эндо-, экзо- и антроподинамики) в различные времена. Эти процессы и факторы предопределили направленное развитие КФГО, сопровождавшееся во времени упорядоченностью и усложнением ее организации с элементами самоорганизации.

Особенности организации (структуры и функционирования) геосистем в различных регионах Земли отличаются многообразием. Например, в пределах российского Дальнего Востока они определяются:

а) географическим положением на гидродинамически напряженной границе двух величайших физико-географических структур – Евразии и Тихого океана, большей своей частью в самой активной полосе их противоречивого взаимодействия;

б) связанной с этим очень высокой изменчивостью в пространстве и во времени не только самих биогенных и абиогенных составляющих и их соотношений, но и, что особенно важно, результатов многопланового взаимодействия косного и живого в геосистемах региона [12].

Устойчивость геосистем на всех уровнях КФГО формируется в результате конкретных взаимодействий факторов и процессов и во многом предопределяется многоплановым участием в строении КФГО различного вещества (живого, косного, техногенного в трех агрегатных состояниях). Поэтому устойчивость общих геосистем является результирующей сложного комплексирования компонентных систем (геоморфологических,

почвенных, гидроклиматических, мерзлотных, фито- и зооценологических и т.д.) и иерархически разных геосистем (фаций, урочищ, ландшафтов, районов, провинций, зон, поясов). При этом наибольший вклад в формирование устойчивости любой геосистемы вносит соответствующая геоморфологическая система (рельеф и рельефообразующие лито-, хионо- и биосубстраты) вследствие ее консервативности и заметно меньший – фитоценологическая система из-за ее повышенной пластичности. Следовательно, от устойчивости геосистем во многом зависит устойчивость КФГО, а также устойчивое развитие территории [10, 12].

Естественные и (или) антропогенные воздействия в зависимости от вида (фактор, процесс, условия), формы (прямого или опосредованного), масштаба (площадного, линейного или точечного) и кратности (единичного, многократного или постоянного) по-разному влияют на устойчивость геосистем [12]. При этом особую важность здесь имеют морфометрические показатели и характеристики вещественно-энергетических потоков, которые являются основой выделения пороговых значений, фиксирующих различные стадии функционирования и динамики, а следовательно, и устойчивости (как частного случая изменчивости) геосистем [10].

На протяжении значительного отрезка истории Земли (последние 4,5 млрд лет) характер взаимодействий факторов и процессов направленно усложнялся и поэтапно изменялся. Основными вехами на этом пути в КФГО стали появление живого вещества и связывание им (вплоть до захоронения) аккумулируемой солнечной энергии, антропогенное изменение «деятельной» поверхности Земли, техногенное (вещественное и тепловое) загрязнение атмосферы и других компонентных оболочек, а в ноосфере – создание искусственных биосистем [14, 18].

Б. Региональные особенности взаимодействий естественных и антропогенных факторов и процессов (в том числе и аномальных). Основные региональные особенности взаимодействий факторов и процессов были изучены автором в ходе натуральных исследований. Установлены особенности, описанные ниже.

1. Исследование взаимодействий климатических изменений (в частности, усиление зимней континентальности, по наблюдениям автора) на фоне направленного глобального похолодания климата [17] и возникающей при этом реакции вечномерзлых пород на восточном мегабереге Охотского моря и восточном макросклоне Сихотэ-Алиня (по наблюдениям автора 1977 и 2000 гг. соответственно) выявило «возрождение» реликтовых курумов. На пожарищах «возрождение» древних курумов активизируется. В целом это указывает на аридизацию и ксеротизацию ландшафтов.

2. Особое место в специфическом проявлении взаимодействий склоновых процессов занимают лавины (рис. 2, 3).



Рис. 2. Лавинный «процес» растительности лесного пояса; внизу – лавинный конус выноса (хр. Ям-Алинь, истоки р. Селиткан, 1989 г.). Фото автора

Рис. 3. Правый борт долины, принявший удар лавины (хр. Ям-Алинь, истоки р. Селиткан, 1989 г.). *Фото автора*



3. Изучение своеобразия взаимодействий в системе «наледи как формы малого оледенения и озерные льды» вскрыло различные направления (сверху–снизу) и скорости разрушения этих мерзлотных образований на Чукотке и в Приморье. На Чукотке разрушение наледей идет прерывисто во времени и только сверху, а озерных льдов – и сверху, и снизу. В Приморье стаивание наледей и озерных льдов происходит и сверху, и снизу [11]. В антропогенных обстановках интенсивность рассматриваемых процессов заметно возрастает.

4. Исследования взаимодействий в системе «климатические колебания и вечномёрзлые породы» на Чукотке, в Приамурье и Приморье выявило региональную специфику термокарста (рис. 4–6) как фактора разрушения и созидания в развитии геосистем [13].

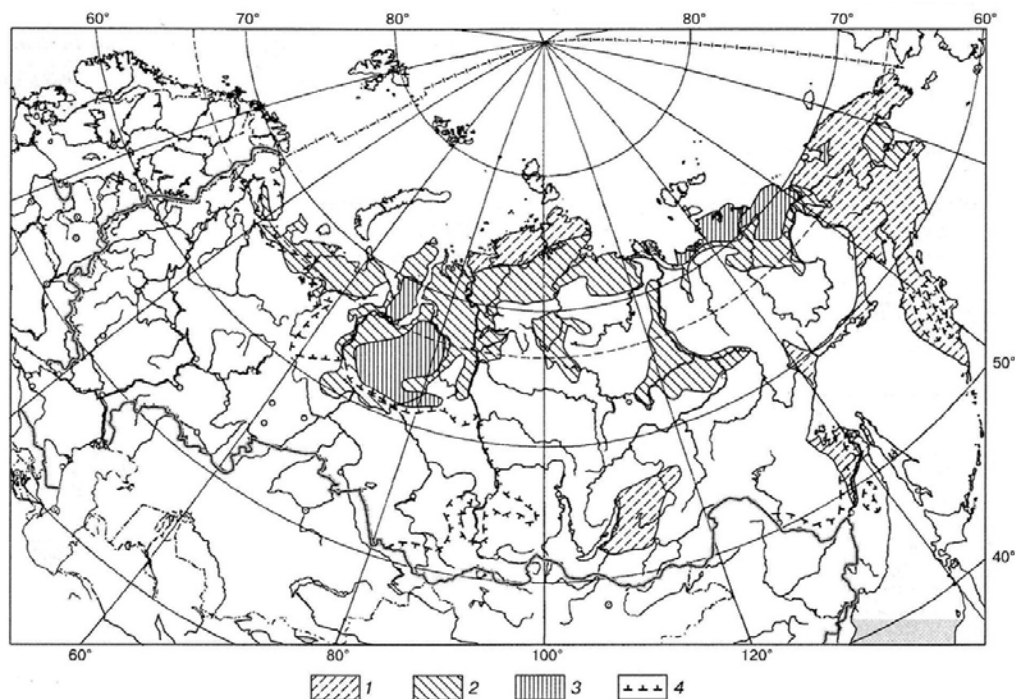


Рис. 4. Районы распространения термокарстовых озер на территории России [13]:
1 – малых, 2 – малых и средних, 3 – средних и крупных, 4 – южная граница криолитозоны



Рис. 5. Термокарстовые деформации нижней части склона в окрестностях пос. Лаврентия. Фото А.А. Галанина

На Чукотке прослеживаются противоречивое соседство и контрастное чередование талых и мерзлых пород, а также сильные тренды повышения летних температур воздуха, из-за чего территория Чукотки попадает в область высокого метеогеокриологического риска. Здесь наблюдается полный набор криогенных процессов и явлений в организации восходящего и нисходящего развития вечной мерзлоты (рис. 5). На территории Приморья, расположенного на крайнем юге распространения редкоостровной и высокотемпературной (0–0,5 °С) вечной мерзлоты, последняя присутствует в основном только в верховьях речных долин и на горных участках хр. Сихотэ-Алинь. Площади термокарста здесь ограничены и в территориальном плане закономерно рассредоточены. Термокарст



Рис. 6. Площадь термокарстового проседания, возникшего на участке после сильного низового пожара, занятая «пьяным» лесом (урочище Килоу, бассейн р. Бикин). Фото А.М. Короткого

на местности проявляется в виде многочисленных просадок, мелких котловин и крайне редко – термокарстовых озерков. На месте бугров пучения возникают западины и воронки, чаще заполненные водой, на месте разрушенных многолетних бугров пучения – озера, а в пределах единичных участков термокарстового проседания формируется «пьяный» лес (рис. 6). Площади термокарста в настоящее время сокращаются, в меньшей степени на Чукотке, в большей – в Приохотье, Приамурье и Приморье. Во всех этих регионах антропогенные факторы привносят в развитие геосистем разрушительную составляющую, в результате чего термокарст резко активизируется.

Исследования комплекса естественных и антропогенных факторов и процессов, сложно взаимодействующих между собой, позволили проследить возникновение и распространение аномальных явлений по территории Дальнего Востока (от Чукотки до Приморья) [9].

Природные факторы и процессы могут выступать как нелинейные системы, и тогда в неустойчивых обстановках они изменяются даже от несущественных воздействий. Такие их состояния в настоящее время еще плохо изучены [16]. По этой причине геоэкологические прогнозы не всегда имеют достаточную обоснованность и, как следствие, характеризуются невысоким процентом оправданности.

Заключение

На примере районов Дальнего Востока рассмотрены пространственно-временная дифференциация взаимодействий естественных и антропогенных факторов и процессов, а также их роль в организации геосистем и создании устойчивого развития. Проявления таких взаимодействий в Дальневосточном регионе существенно разнятся. Эта специфика наиболее ярко прослеживается в масштабной иерархии природных явлений и объектов. С ней связана и динамика основных типов ландшафтогенеза: гигротермического, ксеротермического, гигрокриосного и ксерокриосного.

Основные региональные особенности взаимодействий факторов и процессов на Дальнем Востоке, выявленные в ходе натурных исследований автора, следующие:

1) «возрождение» реликтовых курумов на восточном мегабереге Охотского моря и восточном макросклоне Сихотэ-Алиня (с активизацией их на пожарищах) на фоне направленного глобального похолодания климата [17] и усиления зимней континентальности [12]. Это свидетельство аридизации и ксеротизации ландшафтов;

2) своеобразие взаимодействий в системе «наледь как формы малого оледенения и озерные льды» на Чукотке и в Приморье, проявляющееся в различных направлениях стаивания (сверху–снизу) и скоростях разрушения этих мерзлотных образований [11]. На Чукотке разрушение наледей идет прерывисто во времени и только сверху, а озерных льдов – и сверху, и снизу. В Приморье стаивание наледей и озерных льдов происходит и сверху, и снизу. В антропогенных обстановках интенсивность рассматриваемых процессов заметно возрастает;

3) региональная специфика термокарста как фактора разрушения и созидания в развитии геосистем [13]. На Чукотке, попадающей в область высокого метеогеоэкологического риска, наблюдается полный набор криогенных процессов и явлений в организации восходящего и нисходящего развития вечной мерзлоты. На территории Приморья, расположенного на крайнем юге распространения редкоостровной и высокотемпературной (0–0,5 °С) вечной мерзлоты, площади термокарста естественно ограничены. Здесь термокарст проявляется в виде многочисленных просадок, мелких котловин и крайне редко – термокарстовых озерков. Площади термокарста в настоящее время сокращаются, в меньшей степени на Чукотке и в большей – в Приохотье, Приамурье и Приморье. Во всех районах антропогенные факторы привносят в развитие геосистем возрастающую разрушительную составляющую термокарста;

4) возникновение и распространение аномальных явлений по территории Дальнего Востока (от Чукотки до Приморья) [9]. Природные факторы и процессы могут выступать как нелинейные системы, и тогда в неустойчивых обстановках они изменяются даже от незначительных воздействий [16]. Вот почему геоэкологические прогнозы не всегда имеют достаточную обоснованность и, как следствие, характеризуются невысоким процентом оправдываемости.

На протяжении значительного отрезка истории Земли характер взаимодействий факторов и процессов направленно усложнялся и поэтапно изменялся. Основными вехами на этом пути в КФГО стало появление живого вещества и «связывание» им (вплоть до захоронения) аккумулируемой солнечной энергии, антропогенное изменение «деятельной» поверхности Земли, техногенное (вещественное и тепловое) загрязнение атмосферы и других компонентных оболочек [1, 6].

Впервые выявленные в настоящей статье региональные особенности взаимодействий естественных и антропогенных факторов и процессов могут и должны быть использованы для минимизации и даже исключения их негативных эффектов в целях устойчивого развития геосистем на территории Дальнего Востока России.

Выбор стратегии рационального природопользования во всех рассмотренных районах должен быть всесторонне сходящим, а пространственно-временная нормализация природной среды должна учитывать существующие риски и обусловленные ими экологические ограничения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будыко М.И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977. 328 с.
2. Быков В.Н., Максимович Н.Г., Казакевич С.В., Блинов С.М. Природные ресурсы и охрана окружающей среды: учеб. пособие. Пермь, 2001. 108 с.
3. Веснин В.Р. Менеджмент: учебник. М.: Изд-во «Проспект», 2009. 504 с.
4. Взаимодействие – базовая философская категория. – <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 13.10.2018).
5. Мазаева О.А., Козырева Е.А., Тржцинский Ю.Б. Оценка взаимодействия экзогенных процессов в локальных береговых геосистемах Братского водохранилища // География и природные ресурсы. 2006. № 3. С. 81–86. – www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2006-3/81.pdf (дата обращения: 10.10.2018).
6. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестн. РАН. 2002. Т. 72, № 8. С. 678–686.
7. Поздняков А.В. К теории спонтанной самоорганизации сложных структур // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Томск, 2008. С. 30–43.
8. Попа Ю.Н. Восстановление биогеоценозов в антропогенно-трансформированных экотопах в степной зоне. Киев: Нац. авиац. ун-т, 2011. 437 с.
9. Скрыльник Г.П. Аномальные природные процессы и явления российского Дальнего Востока // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 10. С. 114–124.
10. Скрыльник Г.П., Сорокин П.С. Взаимодействия природных факторов и процессов в организации геосистем и устойчивое их развитие // Изв. Саратов. ун-та. Серия: Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 30–34.
11. Скрыльник Г.П. Наледи как особая форма малого оледенения и их роль в развитии геосистем Чукотки и Приморья // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 9. С. 83–92.
12. Скрыльник Г.П. Роль специфических природных обстановок в трансформациях и устойчивости геосистем юга Дальнего Востока // Материалы XV совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. Улан-Удэ, 10–13 сент. 2015 г. Улан-Удэ; Иркутск; Владивосток: Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 455–458.
13. Скрыльник Г.П. Термокауст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 11-2. С. 425–436.
14. Смольянинов В.М., Немыкин А.Я. Общее землеведение: литосфера, биосфера, географическая оболочка: учеб.-метод. пособие. Воронеж: Истоки, 2010. 193 с.
15. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Сов. энциклопедия, 1987. 1600 с.
16. Чупрынин В.И. Нелинейные явления в геосистемах. М.: Наука, 2008. 199 с.
17. Global atmosphere watch (GAW) – Global Atmosphere Watch Programme. – <https://public.wmo.int/.../programmes/global-atmosphere-watch-programme> (дата обращения: 16.06.2018).
18. Klimenko V.V., Tereshin A.G. World Energy and Climate in the Twenty-First Century in the Context of Historical Trends: Clear Constraints to the Future Growth // J. Global. Stud. 2010. Vol. 1, N 2. P. 27–40.