

УДК 504.4

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ КАТАСТРОФ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА В СИСТЕМЕ «ПРИРОДА – ОБЩЕСТВО – ЧЕЛОВЕК»

Е.Ф. Шамаева^{1,2}, Р.В. Кнауб³

¹ Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

² Институт социально-экономических проблем народонаселения ФНИСЦ РАН, Москва, Россия

³ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия



Рассмотрены законы сохранения и изменения в развитии природных процессов. Представлена классификация равновесных и неравновесных систем в природе и обществе. На основе представленных данных рассмотрена эволюция катастроф различного генезиса в системе «природа – общество – человек». Проанализирован баланс катастроф различного генезиса и пределы существования системы «природа – общество – человек». Антропогенная нагрузка, оказывающая воздействие на природу и общество, с учетом мощностной нагрузкой катастроф, не должна превышать 70 кВт/км². За период с 2009 по 2019 г. проведена оценка устойчивости развития субъектов Сибирского федерального округа под действием катастроф различного генезиса. Установлено, что в значительной части субъектов СФО антропогенная нагрузка превышает допустимые пределы.

Ключевые слова: катастрофы, устойчивое развитие, неустойчивость биосферы, антропогенная нагрузка

Введение

Человечество подошло к такому рубежу, когда требуется особая ответственность, разум в решениях и действиях, учет не только национальных интересов, но и потребностей мирового сообщества. Необходимо создать условия на подлинно научных, разумных основах.

В последние десятилетия Организацией Объединенных Наций был выдвинут ряд новых концепций и программ глобального регионального и национального развития. Для них показательна попытка рассмотрения процесса всеобщего развития в единстве всех его сторон – экономической, социальной и природной. Практика выявила необходимость в интеграции огромного многообразия представлений о сущности, формах, путях и закономерностях развития глобальной системы. Они по-разному интерпретируются различными группами и силами. Однако заинтересованность в интеграции концепций развития огромна, поскольку от них в определенной мере зависят прогресс и благополучие будущих поколений.

В ряде случаев обращается внимание на недостаточную проработанность фундаментальных естественно-исторических закономерностей, которые лежат в основе устойчивого развития. Без такого рассмотрения трудно обосновать объективность выбранных критериев [Большаков, Гапонов, 2019].

На устойчивое развитие территорий оказывают влияние различные риски, угрозы, катастрофы. При этом нет обоснованных критериев как для оценки последствий катастроф различного генезиса, так и для оценки устойчивого развития территорий.

В этой связи в данной работе ставится вопрос о необходимости разработки методологии оценки последствий катастроф различного генезиса и их влияние на устойчивое развитие территорий на основе обоснованных естественно-исторических закономерностей, лежащих в основе устойчивого развития.

Постановка проблемы

Согласно учению В.И. Вернадского о биосфере [Вернадский, 1926], ноосфера – естественно-исторический процесс, породивший «живое» и его высшую форму – человека и общество, ориентирована на перестройку биосферы в качественно новое состояние – ноосферу – планетарную систему устойчивого развития природных и общественных процессов.

Каким образом осуществляется эта перестройка? Каков ее механизм? Существует только один способ ответить на эти вопросы – через познание *общих законов*.

За последние четыреста лет естественными и общественными науками открыто множество законов, вскрывающих сущность естественно-исторического процесса движения природы и общества. Это, прежде всего, **законы сохранения**: небесной механики (Н. Коперник, Г. Галилей, П. Кеплер 1600–1619 гг.), всемирного тяготения (И. Ньютон, 1686 г.), сохранения импульса и момента количества движения (П. Лаплас, 1800 г.), сохранения энергии (первый закон термодинамики, Р. Майер, 1855 г.), законы сохранения Эйнштейна (начало XX в.), связывающие

массу с энергией, обобщение открытых законов сохранения с пространственно-временными характеристиками (Э. Нэтер, Б. Браун, 1930–1940-е гг.), пространственно-временная система возможных законов сохранения Бартини–Кузнецова, позволяющая предсказать новые законы сохранения (1965–1974 гг.) и др. Открытие законов сохранения привело к выводу о том, что они характеризуют системы, которые не изменяются во времени – равновесные системы.

Кроме законов сохранения естественными науками открыт ряд **законов изменения**, характеризующих эволюцию систем живой и неживой природы в ходе естественно-исторического процесса. Прежде всего, это закон роста энтропии или уменьшения потока свободной энергии, открытый В. Томсоном в 1851 г. – единственный физический закон, характеризующий направление изменений «косной» природы в целом в сторону диссипации (рассеяния) энергии, в сторону меньшей упорядоченности, в сторону беспорядка (хаоса). Открытие этого закона явилось революционным моментом в науках о неживой природе, показавшим, что изменение косной материи характеризует неравновесные системы, стремящиеся к состоянию равновесия.

Естественными науками открыты законы движения систем живой природы в целом. Это прежде всего «закон естественного отбора» Ч. Дарвина (1859 г.), получивший физическое развитие в принципе Э. Бауэра (принцип «устойчивой неравновесности», 1935 г.), это первый и второй биогеохимические принципы В.И. Вернадского (1936–1945 гг.). Это антиэнтропийные принципы Н. Винера и Шредингера. Открытие вышеперечисленных законов также явилось революционным моментом в истории науки, определившим направление эволюции живой природы в целом в сторону порядка (гармонии). Эти великие открытия показали, что живая природа также характеризует неравновесные системы, которые, однако, не стремятся к равновесию, а, наоборот, удаляются от него.

Таким образом, открытие законов изменения привело к тому, что эти законы характеризуют системы, изменяющиеся во времени – неравновесные системы. Однако эти изменения для «косной» материи (неживой природы) и живой природы протекают в противоположных направлениях.

Классификация систем

Все системы окружающего мира можно разделить на **равновесные и неравновесные** [Большаков, 1990; Большаков, Гапонов, 2019]. Известно, что если система находится в состоянии равновесия, то все внешние обобщенные силы уравновешены внутренними обобщенными силами, поэтому равновесная система не может совершать внешней работы.

Существует другой класс систем, не находящихся в равновесии с окружающей средой. Неравновесные системы обладают свойствами эволюционировать во времени, т.е. с течением времени могут совершать внешнюю работу. В этом случае внешние обобщенные силы не уравновешены внутренними.

Можно определить «равновесие» как противоположность и равенство двух потоков энергии. Всякое изменение противоположных потоков будет сопровождаться явлением, результат которого можно отождествить с «действием обобщенной силы». Всякий результат действия «обобщенных сил» можно рассматривать как переход энергии из одной части в другую.

Если мы выберем измерительный прибор и будем регистрировать какую-нибудь величину (объем, массу, энергию и т.д.) в системах указанных классов, то в равновесных системах при достаточно длинных промежутках времени численное значение измеряемого параметра остается неизменным. Наоборот, в неравновесных системах регистрируемая величина будет изменяться со временем, причем так, что можно обнаружить устойчивую тенденцию ее стремления к определенному пределу.

Неизменность сохранения измеряемой величины, выражающей сущность системы, является основным требованием к равновесным системам. Наоборот, устойчивая тенденция изменения во времени регистрируемой величины – основное требование к неравновесным системам. Отсюда следует, что принципы-требования к равновесным и неравновесным системам могут быть разделены на два класса: принципы сохранения и принципы изменения. Указанным принципам соответствуют два класса законов: законы сохранения и законы изменения (сохранения устойчивой тенденции изменения).

Известные в науке **принципы-законы сохранения** выражают то, что некоторая величина в некотором классе систем материального мира остается постоянной, являясь инвариантом этого класса систем. К их числу можно отнести планетарные законы Кеплера, законы Ньютона, Лапласа, закон сохранения энергии Майера, закон сохранения мощности Максвелла и др. Законы сохранения выражают сущность неэволюционирующих – равновесных систем. Однако в наиболее общем виде сущность «равновесия» определяется принципом-законом сохранения энергии.

Рассмотрим свойства равновесных систем в наиболее простой форме [Большаков, 1990].

Пусть E – полная энергия какой-либо системы окружающего мира, равная сумме свободной и связанной энергии:

$$E = B + A, \quad (1)$$

где B – свободная энергия (эксергия), представляющая собой превратимую часть полной энергии системы, которая может преобразовываться из одной

формы в другую. При конкретных условиях это может быть свободная энергия Гельмгольца, свободная энергия Гиббса, свободная энергия Бауэра и т.д.; A – связанная энергия (анергия), представляющая собой непревратимую часть полной энергии системы, которая неспособна к дальнейшим преобразованиям, т.е.:

$$A = T \times S,$$

где T – температура системы, S – энтропия системы.

Из закона сохранения энергии следует, что сущность равновесных систем определяется следующими свойствами: 1) полная энергия равновесных систем постоянна (система не эволюционирует); 2) поток свободной энергии равен нулю (система не обладает способностью совершать внешнюю работу); 3) энтропия максимальна; 4) свободная энергия минимальна; 5) система замкнута.

Сущностью **неравновесных систем** являются их удаленность от равновесия и эволюция во времени и пространстве. Эволюция проявляется в не сохранении, изменении полной энергии системы, а удаленность от равновесия – в способности совершать внешнюю работу, мерой которой является свободная энергия (эксергия) системы.

Существуют разные варианты изменения величины, характеризующей неравновесные системы:

- 1) *величина может устойчиво убывать во времени,*
- 2) *величина может устойчиво не убывать во времени.*

Сочетание (смешение) этих инвариантов приводит к колебательным (волновым) изменениям неравновесных систем. Сущность неравновесных систем может быть определена следующими свойствами [Берг, 1922; Бауэр, 1935; Бродянский и др., 1988; Большаков, Кузнецов, 2012]:

- 1) полная энергия неравновесных систем непостоянна (система эволюционирует);
- 2) поток свободной энергии (эксергии) отличен от нуля (система обладает способностью совершить внешнюю работу);
- 3) свободная энергия (эксергия) неминимальна;
- 4) энтропия не максимальна;
- 5) система открыта (имеет место обмен материально-энергетическими потоками с внешней средой).

Неравновесные системы делятся на два класса (рис. 1):

- 1) *системы, эволюционирующие к состоянию равновесия;*
- 2) *системы, эволюционирующие от состояния равновесия.*

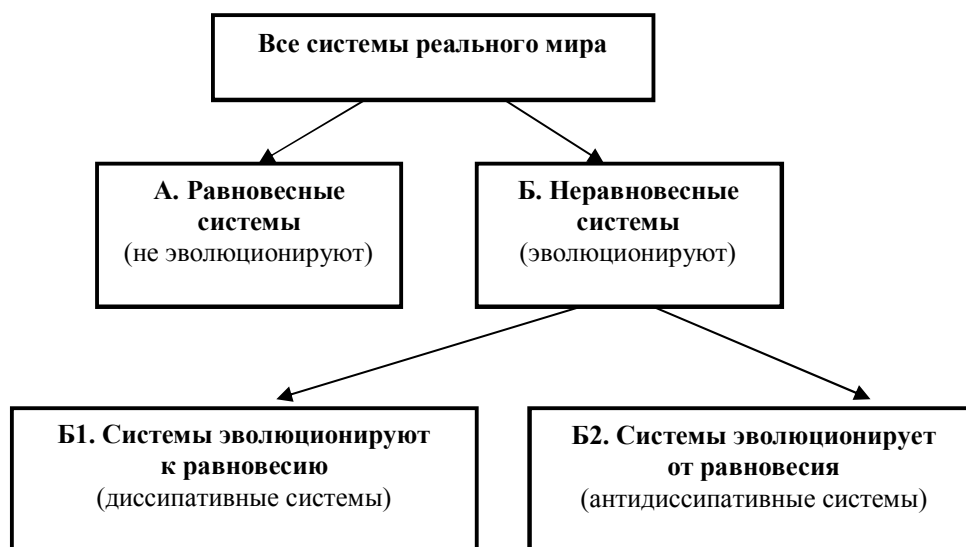


Рис. 1. Классификация неравновесных систем [Большаков, 1990]

Fig. 1. Classes of nonequilibrium systems [Bol'shakov, 1990]

Сущность *первого класса* неравновесных систем определяется вторым принципом – законом термодинамики – законом возрастания энтропии. Согласно этому закону, эволюция неравновесной системы осуществляется в направлении, при котором способность системы к совершению внешней работы с течением времени уменьшается. Из этого закона сле-

дуют основные свойства неравновесных систем, эволюционирующих к равновесию:

- 1) полный поток энергии монотонно убывает;
- 2) поток свободной энергии (эксергии) убывает (уменьшается способность совершать внешнюю работу);
- 3) поток энергии возрастает.

К этому классу неравновесных систем относятся диссипативные (рассеивающие энергию) процессы. Системы хорошо описаны в литературе [Гиббс, 1950; Пригожин, 1964; Вернадский, 1987; Большаков, 2011; Кузнецов, 2016].

Сущность *второго класса* неравновесных систем определяется принципом устойчивой неравновесности, известным в науке под именем закона Бауэра–Вернадского [Вернадский, 1926; Бауэр, 1935; Большаков, Черкасов, 1986; Большаков, 1990; Кузнецов и др., 2000; Большаков, Кузнецов, 2012]. Согласно этому закону, эволюция указанного типа систем осуществляется в направлении, при котором способность системы совершать внешнюю работу не убывает во времени.

Из этого закона следуют основные свойства неравновесных систем, эволюционирующих от состояния равновесия: 1) полный поток энергии не убывает во времени; 2) поток свободной энергии (эксергии) не убывает во времени; 3) поток энергии не возрастает.

Ко второму типу неравновесных систем относятся все системы с накоплением энергии, наиболее ярким представителем которых является живое вещество как открытая планетарная система всех живых организмов (по определению В.И. Вернадского).

Проявление законов в эволюции биосферы. Основное различие живого и косного вещества заключается в противоположном направлении их эволюции: природные процессы живого вещества в их отражении в биосфере увеличивают свободную энергию среды (биосферы).

Следствием первого биогеохимического принципа [Вернадский, 1926] является необратимость процесса эволюции живого вещества. Взаимодействие живого и косного вещества под действием потока лучистой энергии обеспечивает планетарный кругоборот материально-энергетических потоков, его геологическую вечность.

Живые системы при неизменном обмене с окружающей средой не должны находиться в равновесии, т.е. они должны быть способными производить внешнюю работу. Мерой удаленности от равновесия является ее свободная энергия.

При каком-либо воздействии извне система должна производить работу, которая влияла бы на изменение состояния, вызванное этим внешним воздействием, и изменяла бы его. Свойство «раздражимости», «возбудимости». Работа в живых системах всегда должна состоять в изменении коэффициента полезного действия (КПД) структуры самих систем. Следует отметить, что эти требования никоим образом не противоречат законам термодинамики, так как наступающее состояние равновесия однозначно определено тогда, когда не предполагается никаких механизмов внутри системы, связанных каким-либо

образом с изменением состояния системы и окружающей среды.

Согласно Бауэру, фундаментальное отличие живой материи от неживой характеризуется принципом устойчивого неравновесия. Этот принцип гласит: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянную работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях» [Бауэр, 1935, с. 36]. Затем Бауэр в качестве следствий из этого принципа «выводит» основные направления жизни – обмен веществ, рост, размножение.

Физически нормальная система эволюционирует так, что ее энтропия с течением времени *увеличивается*, т.е. увеличивается рассеянная энергия, или диссипация. У аномальной системы энтропия с течением времени уменьшается, т.е. увеличивается ее свободная энергия, и в этом смысле имеет место *антидиссипативный процесс*. В данном классе систем мы имеем дело не с противоречием второму закону термодинамики, а с другим законом-принципом устойчивой неравновесности. Для него существенно то, что разрешаемое вторым законом термодинамики увеличение энтропии не наблюдается в течение 4 млрд лет направленной эволюции живого вещества. Данная закономерность направленного эволюционного развития нашла отражение в концепции Номогенеза, развитой Л.С. Бергом [Берг, 1922].

Согласно Бауэру, «для живых систем характерно именно то, что они за счет своей свободной энергии производят работу, против ожидаемого равновесия и таким образом мы имеем дело не с противоречием законам термодинамики, а с другими законам, состоящими, между прочим, в том, что разрешаемое термодинамикой закономерно не наступает» [Бауэр, 1935].

Принцип устойчивого неравновесия является своеобразным антиэнтропийным постулатом. Однако в соответствии со вторым началом существует только один вид энергетического процесса, когда энергия от тела с большим потенциалом переходит к телу с меньшим, что приводит к равновесию системы. Мера этого явления – энтропия, таким образом, может только увеличиваться, т.е. ее знак всегда положителен. Но в живой системе процесс противоположный, и это связано с усложнением структуры, т.е. с ростом информации.

Теперь не трудно понять, что Э. Бауэр не стал прибегать к величине энтропии, а выбрал новую существенную переменную, которую назвал «внешняя работа». Несложно установить связь этой переменной со свободной энергией Гельмгольца и со свободной энергией Гиббса, а отсюда и с *эксергией* и их потоками.

Классическая термодинамическая равновесная система замкнута и не эволюционирует, т.е. не обладает способностью совершать внешнюю работу. Наша система – биосфера – не замкнута и обладает способностью совершать внешнюю работу, т.е. она обладает возможностью эволюционировать. Весь вопрос в том, в каком направлении система будет изменяться. Логически возможны три варианта: 1. *От неустойчивого равновесия к устойчивому равновесию.* 2. *От неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию.* 3. *Колебательный процесс.*

Первый вариант означает эволюцию с преобладанием диссипативных процессов. Второй – эволюцию с преобладанием антидиссипативных процессов. Третий вариант представляет «смесь» первых двух.

Рождение биосферы можно рассматривать как планетарно-космическую «особую точку-2» (в терминологии Тейяра де Шардена) – качественный скачок, до которого на поверхности Земли преобладали диссипативные процессы неживой природы, а после него – антидиссипативные процессы живой природы. Под воздействием лучистой энергии возникает и необратимо развивается органическая жизнь. При этом если в неживой природе лучистая энергия является шлаком, своеобразным отбросом дифференции вещества, то по отношению к явлениям органической жизни она становится причиной, движущей силой, обуславливающей возникновение и развитие живой природы (рис. 2).

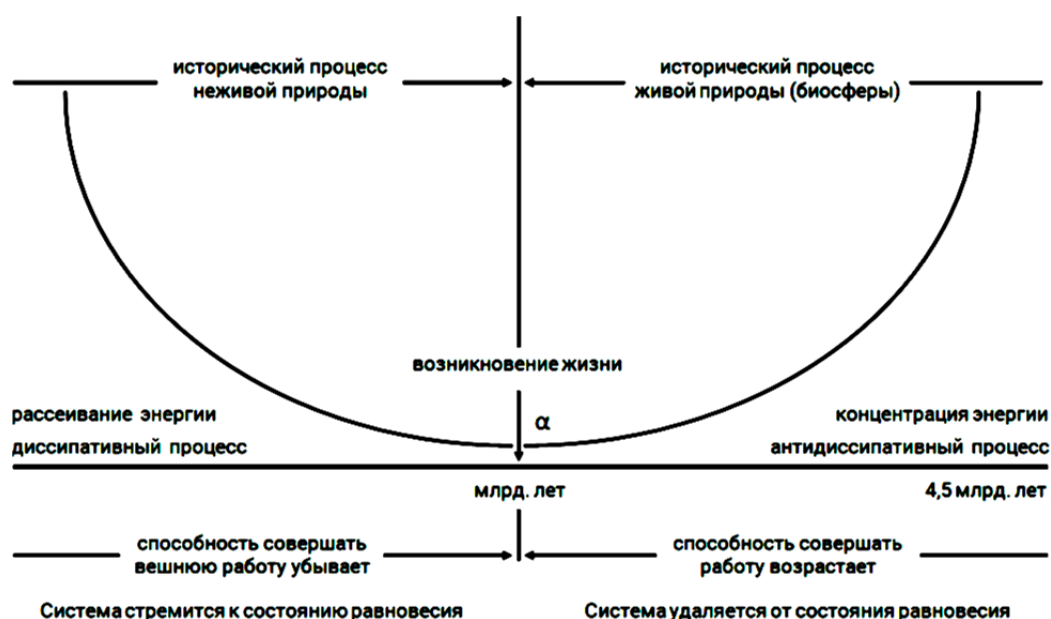


Рис. 2. Глобальный исторический процесс, протекающий на нашей планете [Большаков, 1990]

Fig. 2. The global historical process taking place on our planet [Bolshakov, 1990]

Проявление законов в развитии человечества.

В 1920-х гг. В.И. Вернадский и А. Лотка [Sharpe, Lotka, 1911], а в 1960-х П.Г. Кузнецов [Кузнецов и др., 2000; Кузнецов, 2016] показали, что поток потребляемой обществом энергии, т.е. его полная мощность, является мерой его потенциальных возможностей на определенное время. В поток потребляемой обществом энергии входят:

1. Все виды топлива и энергоносителей ресурсов для машин, механизмов и технологических процессов.
2. Продукты питания для людей.
3. Корм для скота.

Поток потребляемой энергии может быть выражен в единицах мощности (киловаттах, кВт), что позволяет вычислить потенциальные возможности любого социального объекта в стране, страны в целом, группы стран мирового сообщества. При этом

не нужно прибегать к субъективным, в том числе стоимостным оценкам, которые могут существенно искажать картину, особенно в кризисных ситуациях, порождая иллюзию роста и развития.

Полная мощность, находящаяся в распоряжении общества, является не единственным фактором, определяющим возможности общества. Она определяет потенциальные возможности. В то же время полная мощность может использоваться с разной эффективностью, влияя на реальные возможности общественной системы. Как измерить эффективность использования полной мощности?

Эффективность определяется произведением двух факторов:

- 1) качеством научно-технической развитости, определяемым обобщенным КПД машин, механизмов, технологических процессов;

2) качеством управления, определяемым согласованностью скорости выпуска общественного продукта со скоростью его потребления.

Отсюда следует, что реальные возможности (или просто возможности) общества определяются произведением полной мощности, находящейся в распоряжении общества, на эффективность ее использования.

Введение понятия возможности общества позволяет определить развитость человечества $\pi(t)$ для определенного времени t как отношение его реальных возможностей $\pi(t)$ к численности населения $M(t)$. Отсюда естественно-историческая закономерность развития общества записывается так [Большаков, 2011]:

$$\frac{d\pi(t)}{dM(t)} \geq 0. \quad (2)$$

Данная формулировка означает, что с течением исторического времени величина развитости человечества не убывает [Большаков, 2011].

Заканчивая данный раздел, мы ставим задачу рассмотрения законов развития катастроф различного генезиса и их влияние на развитие природы, общества и человека. В работе под *катастрофами различного генезиса* понимается проявление последствий природных, техногенных и социальных катастроф в системе «природа – общество – человек».

При этом возникают две главные проблемы. Первая – отсутствие обоснованной единицы измерения катастроф и устойчивого развития территорий и вторая – отсутствие эталона, в отношении которого должно осуществляться сравнение измеряемой величины с эталоном измерения.

Решить эту проблему возможно только с помощью специальной научно-методической системы, лежащей в основе информационно-аналитического обеспечения анализа риска катастроф различного генезиса.

Проявление катастроф различного генезиса. Катастрофами называются скачкообразные изменения, возникшие в виде спонтанного ответа системы на плавные изменения внешних условий [Арнольд, 1990].

Для определения энергоэкологических пределов существования регионов, в том числе и при воздействии чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного генезиса, используется специальный параметр «плотность полной мощности», или антропогенная нагрузка, выраженная в единицах мощности. Плотность полной мощности определяется отношением годового суммарного энергопотребления (N) к площади региона (S) с единицей измерения – киловатт на квадратный километр [Большаков, 2011]. Другим важным показателем для представленной методики является показатель неустойчивости биосферы – это отношение плотности полной мощности (антропогенной нагрузки) к константе А.П. Федотова [Федотов, 2008], средние значения которой составляют 15–70 кВт/км².

С учетом плотности мощности катастроф, формула расчета неустойчивости биосферы будет иметь следующий вид:

$$N_{\text{биос}} = P + K_{\text{чс}}/K_{\text{ф}}, \quad (3)$$

где $N_{\text{биос}}$ – неустойчивость биосферы; P – плотность полной мощности или антропогенная нагрузка; $K_{\text{чс}}$ – плотность мощности катастроф или коэффициент мощностной нагрузки катастроф; $K_{\text{ф}}$ – константа Федотова (15–70 кВт/км²).

Антропогенная нагрузка определялась как величина суммарного потребления ресурсов, разделенная на площадь региона, а плотность мощности катастроф – как величина суммарного ущерба от катастроф, разделенная на площадь региона [Большаков и др., 2018].

Для определения пределов существования регионов с учетом воздействия мощности катастроф авторами учитывались следующие значения нагрузки мощности на биосферу региона:

- 1) до 15 кВт/км² – нагрузка в пределах нормы;
- 2) от 15 до 70 кВт/км² – допустимая нагрузка;
- 3) от 70 до 125 кВт/км² – нагрузка значительная;
- 4) более 125 кВт на км² – экологическая катастрофа.

Баланс катастроф в лице ЧС различного генезиса представлен на рис. 3.

Суть, отображенная на схеме жизнедеятельности Общества во взаимодействии с природой и учетом воздействия ЧС различного генезиса А. путь деградации или биосферной неустойчивости (рис. 3, А), заключается в следующем:

1) источником техногенных ЧС является общество, человек, в свою очередь возникшие ЧС техногенного характера оказывают влияние на общество и природу;

2) источником природных ЧС является природа, в свою очередь возникшие ЧС природного характера оказывают влияние на общество и техносферу;

3) техногенные и природные ЧС оказывают влияние друг на друга – природные могут явиться причиной возникновения техногенных ЧС и, наоборот, техногенные вызвать природные ЧС;

4) антропогенная нагрузка, оказывающая воздействие на природу и общество, с учетом мощностной нагрузкой ЧС, не должна превышать 70 кВт/км² [Федотов, 2008]. В случае, отображенном на рис. 3, антропогенная нагрузка с учетом мощности ЧС различного генезиса превышает значения 70 кВт/км², соответственно, энергоэкологический баланс ЧС нарушается и сохраняется путь деградации и биосферной неустойчивости природы и общества.

В случае воздействия ЧС различного генезиса (путь устойчивого развития) (см. рис. 3), антропогенная нагрузка, оказывающая воздействие на природу и общество, с учетом мощностной нагрузкой ЧС, не превышает 70 кВт/км², соответственно, энергоэкологический баланс ЧС не нарушается и сохраняется путь устойчивого развития природы и общества.

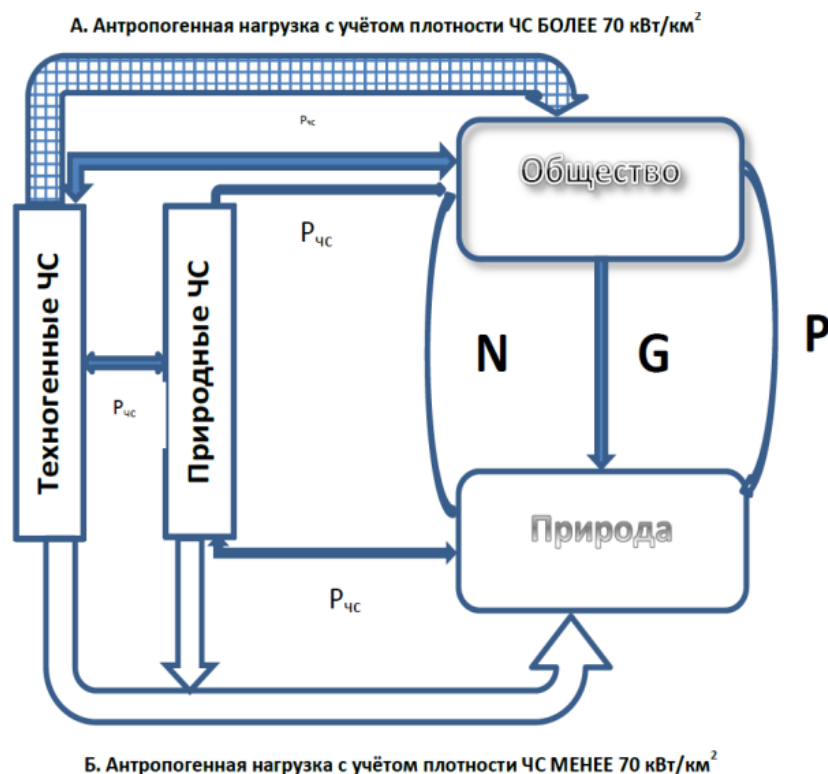


Рис. 3. Схема жизнедеятельности Общества во взаимодействии с природой и учетом воздействия ЧС различного генезиса (А – путь деградации или биосферной неустойчивости; Б – путь устойчивого развития) N – полная мощность; P – полезная мощность; G – мощность потерь; P_{чс} – мощность ЧС природного или техногенного происхождения

Fig. 3. The scheme of the Society's life in interaction with Nature and taking into account the impact of emergencies of various genesis (A – path of degradation or biosphere instability; B – path of sustainable development) N is the apparent power; P is the net power; G is the power of losses; Res - emergency capacity of natural or man-made origin

Таблица 1

Коэффициент мощностной нагрузки катастроф, кВт/км²

Table 1

Power load factor of catastrophes, kW / km²

Субъект РФ	Год										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Республика Алтай	0,002	0	0,06	0,6	0	0,6	0	0	0,07	0	0
Республика Тыва	0,0004	0,0002	0,003	0,04	0	0,04	0	0,000002	0	0,002	0
Республика Хакасия	0,001	0	0,001	0,006	0	0	2,3	0	0	0,003	0,000002
Алтайский край	0,0003	0,07	0,026	0,07	0	0,001	0	0,0003	0,002	0,02	0
Красноярский край	0,00004	0,00002	0,0004	0,002	0,0008	0,0003	0,00001	0,002	0,002	0,000003	0,0001
Иркутская область	0	0,00001	0,001	0,004	0	0,0004	0	0,001	0,004	0,006	0,00005
Кемеровская область	0,0007	0	0,007	0,1	0	0,1	0,003	0,00005	0,00001	0,0001	0,001
Новосибирская область	0,00007	0,00007	0,0005	0,002	0	0,001	0	0	0	0	0
Омская область	0,002	0,006	0,01	0,05	0	0	0,02	0,04	0,02	0,0002	0
Томская область	0	0,01	0,002	0,01	0	0,007	0	0	0	0	0
Республика Бурятия	0,0001	0,002	0,03	0,2	0	0,14	0	0	0	0	0
Забайкальский край	0,008	0,004	0,007	0,02	0,0004	0,0004	0,02	0,002	0,004	0,03	0

Таблица 2

Антропогенная нагрузка субъектов Сибирского федерального округа с 2009 по 2019 г., ГВт

Table 2

Anthropogenic load of the subjects of the Siberian Federal District from 2009 to 2019, GW

Субъект РФ	Год										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Республика Алтай	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Республика Тыва	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,01	1,9
Республика Хакасия	2,2	2,7	3,1	3,6	3,9	4,4	4,7	5,4	5,7	6,5	6,8
Алтайский край	7,4	8,4	9,2	10,2	11,5	12,4	13,5	13,9	14,3	15,3	15,8
Красноярский край	20,1	28,3	31,4	31,7	33,7	37,6	44,7	46,8	50,9	61,2	62,2
Иркутская область	12,7	15,1	17,6	20,5	22,4	25,4	27,8	29,6	33,2	38,7	39,8
Кемеровская область	13,7	16,7	20,1	19,2	17,8	20,1	22,5	23,1	28,3	33,2	26,8
Новосибирская область	11,5	13,1	16,2	19,7	22,1	24,7	27,7	28,4	31,1	33,9	34,9
Омская область	9,1	10,3	12,2	13,3	14,9	16,3	16,7	16,8	17,6	18,4	19,7
Томская область	6,6	7,6	8,9	9,9	10,8	11,5	12,7	12,9	13,7	15,5	16,3
Республика Бурятия	3,3	3,6	4,1	4,5	4,8	5,08	5,5	5,4	5,5	6,2	–
Забайкальский край	4,02	4,5	5,5	6,06	6,2	6,4	6,7	7,5	8,1	8,8	–

Таблица 3

Неустойчивость биосферы $N_{\text{биос}}$ с учетом мощности катастроф, кВт/км²

Table 3

Instability of the biosphere, taking into account the power of catastrophes, kW / km²

Субъект РФ	Год										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Республика Алтай	4,3	0	97,4	1156,7	0	1156,8	0	0	126,5	0	0
Республика Тыва	0,4	1,6	28,1	349,1	0	349,0	0	0,21	0	15,7	0
Республика Хакасия	3,5	0	3,4	18,2	0	0	0,1	0	0	7,8	0,1
Алтайский край	2,5	555,2	125,3	593,2	0	10,3	0	2,6	18,04	195,7	0
Красноярский край	5,1	2,8	50,3	276,8	1,03	40,2	1,7	258,7	276,8	0,3	13,0
Иркутская область	0	0,5	42,3	134,7	0	16,6	0	44,6	133,9	211,6	1,9
Кемеровская область	3,6	0	35,4	443,1	0	443,1	11,9	0,2	0,1	0,4	5,9
Новосибирская область	0,6	0,6	4,1	18,1	0	12,3	0	0	0	0	0
Омская область	13,1	41,0	95,3	369,9	0	0	161,8	276,3	127,4	1,9	0
Томская область	0	219,7	37,3	219,7	0	118,1	0	0	0	0	0
Республика Бурятия	2,1	47,1	564,7	3916	0	2420	0	0	0	0	0
Забайкальский край	186,3	100,5	154,8	383,1	7,7	7,7	383,1	39,5	75,1	609	0

Оценка устойчивости развития субъектов Сибирского федерального округа под действием катастроф различного генезиса

Коэффициент мощностной нагрузки катастроф субъектов Сибирского федерального округа (СФО) за период с 2009 по 2019 г. представлен в табл. 1. По данным табл. 1 следует, что коэффициент мощностной нагрузки для всех субъектов СФО изменяется от нулевых значений до $0,6 \text{ кВт/км}^2$. Нулевые значения мощностной нагрузки катастроф объясняются отсутствием проявления природных или техногенных катастроф в конкретный рассматриваемый год.

Значения антропогенной нагрузки по субъектам СФО представлены в табл. 2. Анализ табл. 2 показывает, что для всех субъектов СФО характерен рост антропогенной нагрузки за рассматриваемый период времени. В целом рост антропогенной нагрузки субъектов СФО свидетельствует о не поступательном устойчивом развитии в отношении данного показателя.

В табл. 3 представлены данные о неустойчивости биосферы субъектов СФО за период с 2009 по 2019 г. Из табл. 3 следует, что количественные значения неустойчивости биосферы с учетом плотности катастроф изменяются от околонулевых значений до $1156,8 \text{ кВт/км}^2$.

Нагрузка в пределах нормы (до 15 кВт/км^2) отмечалась всего лишь у двух субъектов – Новосибирской области и Республики Хакасия. Допустимая нагрузка (от 15 до 70 кВт/км^2) отмечалась у Томских и Иркутских областей и республики Тыва. Нагрузка значительная (от 70 до 125 кВт/км^2) отмечалась у Омской области и Красноярского края. Значения более 125 кВт/км^2 отмечались в Алтайском и Забайкальских краях, республиках Бурятия и Алтай.

Следует отметить, что основной вклад в неустойчивость биосферы вносит антропогенная нагрузка. Процент роли катастроф в данном случае минимален.

Источниками информации при расчете энергоэкологических последствий катастроф по странам мира могут использоваться специализированные базы данных CRED, официальная статистика ООН [EM-DAT..., 2020].

Обсуждение

За последние годы в научной печати появилось много интересных работ по ноосферной тематике, развивающих учение В.И. Вернадского. Все они вместе с учением В.И. Вернадского дают возможность говорить о наличии теоретических предпосылок для исследования обсуждаемого вопроса, прекрасно осознавая сложность его изучения.

Система «природа – общество – человек» – это взаимодействие естественных (природа), социальных (общество) и духовных (человек) процессов в

пространстве и времени [Большаков, 2002, с. 15–18; 2011]. Можно согласиться с исследованиями С.С. Хромова по поводу сделанных им замечаний относительно понятия «окружающая среда». Он показывает, что некоторые авторы используют термин «окружающая среда» в основном как понятие «природная среда». При этом они дают такую формулировку, как «взаимодействие общества и окружающей среды», что «отражает совершенно неправильное понимание сути понятия, поскольку общество является неотъемлемой частью окружающей человека среды, ее социальной составляющей» [Хромов, 1984, с. 74].

Круговорот вещества и энергии, как космопланетарный механизм, обеспечивает динамическое равновесие и сохранение биосферы. Неубывающий рост свободной энергии живого вещества – устойчивость развития планетарной жизни.

Для того чтобы сохранить планетарную жизнь, система должна обеспечить: 1) создание условий, способствующих сохранению жизни; 2) устранение причин, препятствующих сохранению жизни.

Одним из таких препятствий являются природные и техногенные катастрофы. Дело в том, что элементом, связующим человека и природу, является сфера техники, или техносфера. С помощью технических средств, используемых в трудовом процессе, осуществляется обмен веществом и энергией между природой и обществом, обеспечивается прогресс общества.

Определение величин антропогенной нагрузки с учетом мощности катастроф является важным моментом в объяснении устойчивости развития любых территорий. При этом специалистам надо понимать, что устойчивость в основном зависит от антропогенной нагрузки на регион, и для большинства регионов она составляет большую долю. Но это не означает, что если в будущем резко увеличатся количество катастроф и последствия от них, устойчивость регионов и территорий будет определяться исключительно антропогенной нагрузкой.

Выводы

1. Отсутствие корректного формализованного описания оценки последствий катастроф, согласованного с требованиями и принципами устойчивого развития и дающего соразмерять и соизмерять объект и предмет проектирования, приводит к ошибочным решениям, накоплению субъективной информации, делает невозможным определить вклад катастроф в устойчивость развития социально-экономических систем.

2. Введение меры «мощность» в проектирование устойчивого развития с учетом воздействия катастроф позволяет установить физически измеримую связь между потребностями и возможностями и сформулировать требования к формализации задач энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса.

3. Использование методологии энергоэкологии катастроф позволяет определить устойчивость и устойчивое развитие социально-экономических систем. При этом устойчивость социально-экономических систем определяется масштабами и последствиями катастроф, приводящих либо к полной, либо к частичной деградации территорий.

Устойчивое развитие территорий определяется требованием неуклонно сокращающегося и непрерывного во времени сокращения мощности катастроф.

4. Количественные значения неустойчивости биосферы с учетом плотности катастроф для регионов СФО изменяются от околонулевых значений до 1156,8 кВт/км².

ЛИТЕРАТУРА

- Арнольд В.И. Теория катастроф. М. : Наука, 1990. 128 с.
 Бауэр Е.С. Теоретическая биология. Л. : ВИЕМ, 1935. 256 с.
 Берг Л.С. Номогенез, или Эволюция на основе закономерностей. СПб. : Государственный издательский дом, 1922. 306 с.
 Большаков Б.Е. Законы сохранения и изменения в биосфере – ноосфере: Препринт. М. : ВНИИСИ, 1990. 72 с.
 Большаков Б.Е. Наука устойчивого развития. М. : РАЕН, 2011. 270 с.
 Большаков Б.Е., Кузнецов О.Л. Инженерия устойчивого развития. М. : РАЕН, 2012. 507 с.
 Большаков Б.Е., Черкасов В.Е. Некоторые из проблем создания нооэлектронных систем // Кибернетика, ноосфера и проблемы мира. М. : Наука, 1986. С. 26–31.
 Большаков Б.Е. Закон Природы, или Как работает Пространство-Время. М. : МУПЮЧ, 2002. 265 с.
 Большаков Б.Е., Гапонов А.А. Общая цель развития человечества и биосферы. Научные основы проектирования будущего. Дубна, 2019. 103 с.
 Большаков Б.Е., Кнауэр Р.В., Шамаева Е.Ф., Игнатъева А.В. Энергоэкология катастроф как новое направление в науке устойчивого развития // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. 2018. Т. 14, № 1 (38). Ст. 1. URL: http://www.gyravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/05/01-Bolshakov_et_al.pdf (дата обращения: 10.02.2020).
 Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. М. : Энергоатомиздат, 1988. 286 с.
 Вернадский В.И. Биосфера. Л. : НХТИ, 1926. 146 с.
 Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. М. : Наука, 1987. 340 с.
 Гиббс Дж. Термодинамические работы. М. : Гостехиздат, 1950. 492 с.
 Кузнецов О.Л., Кузнецов П.Г., Большаков Б.Е. Система природа – общество – человек: устойчивое развитие. М. : Дубна: Ноосфера, 2000. 392 с.
 Кузнецов П.Г. Наука развития Жизни: сборник научных трудов : в 3 т. / науч. ред. Б.Е. Большаков. М. : Русское Космическое Общество, 2016.
 Пригожин И.Р. Неравновесная статистическая механика. М. : Мир, 1964. 314 с.
 Федотов А.П. Развитие глобальной модели планеты Земля. Концентрированный доклад Римскому Клубу. М. : Аспект Пресс, 2008. 64 с.
 Хромов С.С. Проблема окружающей среды в деятельности ООН. М. : Наука, 1984. 191 с.
 EM-DAT: The Emergency Events Database – Université catholique de Louvain (UCL) – CRED, D. Guha-Sapir. URL: www.emdat.be (дата обращения: 01.02.2020).
 Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. URL: <http://www.cred.be> (дата обращения: 03.03.2020).
 Sharpe F.R., Lotka A.A. Problem in age-distribution // Philosophical Magazine. 1911. V. 21, № 124. P. 435–438.

Авторы:

Шамаева Екатерина Федоровна, кандидат технических наук, доцент, Государственный университет «Дубна», наукоград Дубна, Россия; Институт социально-экономических проблем народонаселения ФНИСЦ РАН, Москва, Россия.
 E-mail: shamef-kate@yandex.ru

Кнауэр Роман Викторович, кандидат географических наук, доцент, кафедра природопользования, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.
 E-mail: knaubrv@mail.ru

Geosphere Research, 2021, 2, 104–114. DOI: 10.17223/25421379/20/8

E.F. Shamaeva^{1,2}, R.V. Knaub³

¹ *Dubna State University, Dubna, Russia*

² *Institute of Socio-Economic Population Problems of the Federal Research Sociological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

³ *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

TO THE QUESTION OF ASSESSMENT OF THE CONSEQUENCES OF DISASTERS OF VARIOUS GENESIS IN THE SYSTEM “NATURE – SOCIETY – MAN”

The article discusses the laws of conservation and change in the development of natural processes. The classification of equilibrium and nonequilibrium systems in nature and society is presented. It is known that if the system is in a state of equilibrium, then internal generalized forces balance all external generalized forces. Therefore, an equilibrium system cannot perform external work. Nonequilibrium systems have the ability to evolve over time, i.e. over time they can do external work. In this case, external generalized forces are not balanced by internal ones. There are different options for changing the value characterizing nonequilibrium systems: 1) the value can stably decrease in time, 2) the value can stably not decrease in time. The combination (mixing) of these invariants leads to oscillatory (wave) changes in nonequilibrium systems.

Based on the presented data, the evolution of catastrophes of various genesis in the nature-society-man system is considered. The balance of catastrophes of various genesis and the limits of the existence of the system “nature – society – man” are considered. The anthropogenic load affecting nature and society, taking into account the power load of catastrophes, should not exceed 70 kW/km². If the anthropogenic load, taking into account the power of catastrophes of various genesis, exceeds 70 kW/km², respectively, the energy-ecological balance of catastrophes is violated and the path of degradation and biosphere instability of nature and society is maintained. Sustainable development conditions are maintained if the anthropogenic load affecting nature and society, taking into account the power load of catastrophes, does not exceed 70 kW/km².

A methodology for assessing disasters of various genesis based on basis indicators of sustainable development is proposed. Based on the presented methodology, it becomes possible to conduct a comprehensive assessment of the consequences of disasters of various genesis in the territory of any region. This makes it possible to establish the degree of influence of the consequences of disasters on the sustainability of the development of the regional environmental social and natural environment, including its economy, ecology, and social environment. Moreover, the sustainability of natural and socio-economic systems is determined by the scale and consequences of disasters, leading either to complete or partial degradation of territories. Sustainable development of territories is determined by the requirement of non-decreasing and continuous in time reduction of the power of disasters.

Formalization of the consequences of disasters makes it possible to increase the effectiveness of managing sustainable development of territories in the face of the increasing impact of disasters of various genesis.

Keywords: *disasters, sustainable development, instability of the biosphere, anthropogenic load*

References

- Arnold V.I. *Teoriya katastrof* [Catastrophe theory]. Moscow: Nauka. 1990. 128 p. In Russian
- Bauer E. S. *Teoreticheskaya biologiya* [Theoretical biology]. Leningrad: WIEM. 1935. 256 p. In Russian
- Berg L. S. *Nomogenez, ili e'volyuciya na osnove zakonomernostej* [Nomogenesis, or evolution based on patterns]. St. Petersburg: State Publishing House. 1922. 306 p. In Russian
- Bolshakov B.E. *Zakony' soxraneniya i izmeneniya v biosfere – noosfere: Preprint* [Laws of conservation and change in the biosphere – noosphere: Preprint]. Moscow: VNIISI. 1990. 272 p. In Russian
- Bolshakov B.E. *Nauka ustojchivogo razvitiya* [The science of sustainable development]. Moscow: RANS. 2011. 270 p. In Russian
- Bolshakov B.E., Kuznetsov O.L. *Inzheneriya ustojchivogo razvitiya* [Engineering for sustainable development]. Moscow: RANS. 2012. 507 p. In Russian
- Bolshakov B.E., Cherkasov V.E. *Nekotory'e iz problem sozdaniya nooe'lektronny'x sistem* [Some of the problems of creating noo-electronic systems] // *Cybernetics, noosphere and problems of the world*. Moscow: Nauka. 1986. pp. 26–31. In Russian
- Bolshakov B.E. *Zakon Prirody', ili Kak rabotaet Prostranstvo-Vremya* [The Law of Nature, or How Space-Time Works]. Moscow: MUPOCH. 2002. 265 p. In Russian
- Bolshakov B.E., Gaponov A.A. *Obshhaya cel' razvitiya chelovechestva i biosfery'. Nauchny'e osnovy' proektirovaniya budushhego* [The common goal of the development of mankind and the biosphere. The scientific basis for designing the future]. Monograph. Dubna. 2019. 103 p. In Russian
- Bolshakov B.E., Knaub R.V., Shamaeva E.F., Ignatieva A.V. *E'nergoe'kologiya katastrof kak novoe napravlenie v nauke ustojchivogo razvitiya* [Energy ecology of disasters as a new direction in the science of sustainable development] // *Electronic scientific publication "Sustainable innovative development: design and management"*. V. 14. No 1 (38), 2018, art. 1 [Electronic resource], URL: http://www.rpravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/05/01-Bolshakov_et_al.pdf (Date of accessed: 02.10.2020). In Russian
- Brodyansky V.M., Fratsher V., Mikhalek K. *E'ksergeticheskij metod i ego prilozheniya* [Exergetic method and its applications]. Moscow: Ergoatomizdat. 1988. 286 p. In Russian
- Vernadsky V.I. *Biosfera* [Biosphere]. Leningrad: NHTI. 1926. 146 p. In Russian
- Vernadsky V.I. *Nauchnaya my'sl' kak planetarnoe yavlenie* [Scientific thought as a planetary phenomenon]. Moscow: Nauka. 1987. 340 p. In Russian
- Gibbs J. *Termodinamicheskie raboty'* [Thermodynamic work]. Moscow: Gostekhzdat. 1950. 492 p. In Russian
- Kuznetsov O.L., Kuznetsov P.G., Bolshakov B.E. *Sistema priroda-obshhestvo-chelovek: ustojchivoe razvitie* [System nature-society-man: sustainable development]. Moscow: Dubna: Noosphere. 2000. 392 p. In Russian
- Kuznetsov P.G. *Nauka razvitiya Zhizni: sbornik nauchny'x trudov: v 3-x tomakh* [Life development science: collection of scientific works: in 3 volumes] // Scientific editor B.E. Bolshakov. Moscow: Russian Space Society. 2016. In Russian
- Prigogine I.R. *Neravnovesnaya statisticheskaya mexanika* [Nonequilibrium statistical mechanics]. Moscow: Mir. 1964. 314 p.
- Fedotov A.P. *Razvitie global'noj modeli planety Zemlya. Koncentrirovanny'j doklad Rimskomu Klubu* [The development of the global model of planet Earth. Concentrated report to the Club of Rome]. Moscow: Aspect Press. 2008. 64 p. In Russian
- Khromov S.S. *Problema okruzhayushhej sredy' v deyatel'nosti OON* [The problem of the environment in the activities of the UN]. Moscow: Nauka. 1984. 191 p. In Russian
- EM-DAT: The Emergency Events Database – Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir [Electronic resource]. URL: www.emdat.be (accessed date: 02.01.2020). In Russian
- Center for Research on the Epidemiology of Disasters [Electronic resource]. URL: <http://www.cred.be> (Date of accessed: 03.03.2020).
- Sharpe F.R., Lotka A.A. Problem in age-distribution // *Philosophical Magazine*. 1911. V. 21. No. 124. pp. 435–438.

Author's:

Shamaeva Ekaterina F., Cand. Sci. (Technique), Associate Professor, Dubna State University, Dubna, Russia; Institute of Socio-Economic Population Problems of the Federal Research Sociological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. E-mail: shamef-kate@yandex.ru

Knaub Roman V., Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Department of Nature Management, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: knaybrv@mail.ru