

# ОЦЕНКИ РИСКОВ И УЩЕРБОВ КАК ИНСТРУМЕНТ СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ\*

Г.С. Розенберг<sup>1, 2</sup>, А.Г. Зибарев<sup>1</sup>, Н.В. Костина<sup>1</sup>,  
Г.Э. Кудинова<sup>1</sup>, А.Г. Розенберг<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия;

<sup>2</sup> Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия

Эл. почта: genarozenberg@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15.07.2019; принята к печати 05.09.2019

Социальная экология – это знание, которое сочетает в себе естественнонаучный и гуманитарный профили. Естественнонаучная составляющая содержит в себе анализ рисков и оценку экологических ущербов (инструменты рационального природопользования). «Анализ риска» определяется как меж- и multidisciplinary наука и практическая деятельность, изучающая вероятности рисков для личности, общества, государства и частных предприятий на местном, региональном, национальном или глобальном уровнях. В качестве примера рассматривается вероятностная модель риска недостижения климаксового состояния экосистемой. Экологический ущерб – это уменьшение полезности окружающей среды вследствие ее загрязнения или иного изменения. В качестве примера рассматриваются оценки рыбохозяйственного ущерба пресноводным экосистемам в результате антропогенных воздействий.

**Ключевые слова:** анализ рисков, оценка ущербов, социальная экология, концепция климакса, рыбохозяйственный ущерб пресноводным экосистемам.

## RISK AND DAMAGE ASSESSMENT AS A TOOL OF SOCIAL ECOLOGY

G.S. Rozenberg<sup>1, 2</sup>, A.G. Zibarev<sup>1</sup>, N.V. Kostina<sup>1</sup>, G.E. Kudinova<sup>1</sup>, A.G. Rozenberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS, Togliatti, Russia;

<sup>2</sup> Samara State University of Economics, Samara, Russia

E-mail: genarozenberg@yandex.ru

Social ecology is knowledge that combines natural science and humanitarian disciplines. The natural science component contains risk analysis and assessment of environmental damage (i.e., tools of rational environmental management). Risk analysis is defined as inter- and multidisciplinary science and practice involved in studying the likelihood of risks to an individual, society, and state and private enterprises at local, regional, national or global level. As an example, we consider a probabilistic model of the risk that an ecosystem will not come to its climax state. Environmental damage is a decrease in the usefulness of an environment due to its pollution or other change. As an example, assessments of anthropogenic damage to fishery in a freshwater ecosystem are considered.

**Key words:** risk analysis, damage assessment, social ecology, climax concept, fisheries damage to freshwater ecosystems.

*Для успешной разработки социально-экологических проблем требуется беспрецедентный синтез общественных, естественных и технических наук в целостной научной теории, которую нельзя квалифицировать иначе как социоестественную по существу, призванную решить задачу совмещения особенностей социального и природного развития.*

Э.В. Гирусов [7, с. 4]

### Введение

Современный этап развития научного знания характеризуется интеграцией (междисциплинарностью) подходов и дисциплин. Социальная экология с этих позиций – это знание, которое сочетает в себе

естественнонаучный и гуманитарный профили, что не только обогащает познавательный потенциал междисциплинарных исследований, но позволяет выйти за рамки привычных социальных отношений «личность – личность», «личность – социальная группа» и

«личность – социальный институт» [19]. Анализ отношений «личность – окружающая среда», «социальная группа – окружающая среда», «социальный институт – окружающая среда», «общество – окружающая среда» и становится объектом исследования в социальной экологии. Исторические основы этой научной дисциплины, охарактеризованные в ряде публикаций [22, 29] и учебников [16, 19 и др.], заложены в работах Мюррея Букчина (США) [42, 43] и Эдуарда Владимировича Гирусова (СССР, Российская Федерация) [5, 6].

Э.В. Гирусов всю свою жизнь посвятил развитию и пропаганде идей философского анализа взаимодействия общества и природы. Его работы 1968 [5] и 1976 гг. [6] стали, по существу, первыми теоретическими исследованиями в области философии природы и общества и заложили теоретический фундамент для целого поколения ученых на этапе формирования социальной экологии. «Эдуард Владимирович обладал выдающимися ораторскими и организационными способностями. Трудно себе представить, но это было именно так, – практически все научные конференции Всесоюзного и Российского уровня по проблемам взаимодействия природы и общества, начиная с 1960-х годов, проходили при его самом непосредственном и активном организационном и научном участии. Его яркие и эмоционально окрашенные выступления буквально зажигали аудиторию, никого не оставляя безучастным или равнодушным» [40].

Заметим, что он был инициатором и организатором Первой Всесоюзной конференции «Проблемы социальной экологии», которая прошла во Львове с 1 по 3 октября 1986 г. Одному из авторов этой статьи посчастливилось участвовать в ней заочно [30], в 1998 г. участвовать в интересной Международной научно-технической конференции «Проблемы экополисов» (Барселона, Мадрид), проводимой под научным руководством Э.В. Гирусова [6, 7], и в том же году принимать его в Институте экологии Волжского бассейна РАН на Второй международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек». Уход из жизни профессора Э.В. Гирусова, родоначальника новой научной дисциплины (социальной экологии), основателя и первого президента Экологического фонда СССР, одного из основателей Российской экологической академии (многие годы он был вице-президентом РЭА) – это большая, невосполнимая утрата.

Развитие идей Э.В. Гирусова и решение основных проблем социальной экологии, связанных с оптимизацией взаимоотношений в системе «общество – окружающая среда», требует дальнейшей разработки методов количественной оценки рисков, возникающих в результате взаимодействия общества и среды, и ущербов от реализации таких рисков. На этих методических инструментах и будет сосредоточено внимание ниже.



**Проф. Э.В. Гирусов**  
(26.07.1932–26.05.2019)

### **Анализ рисков**

Вот что пишут в своем обзоре об анализе рисков С.Г. Харченко и Е.Ю. Дорохина [38, с. 92]: «Анализируя тенденции и перспективы анализа риска окружающей среды в России, необходимо отметить, что работы в области безопасности и анализа риска окружающей среды в России были начаты по инициативе академика В.А. Легасова еще в начале 80-х годов. Но только после Чернобыльской аварии это направление получило возможность развиваться, хотя и не так стремительно, как это происходило в США, Канаде, странах Евросоюза, Японии и Австралии. К сожалению, до сих пор законодательная и нормативная база в России построена не на основе концепции риска, а на основе ПДВ и ПДК, и само понятие риска упоминается только в одном из более 50 законов, посвященных безопасности, – в Федеральном законе “О техническом регулировании” 2002 года. И вообще, ни в одном из них не допускается количественная оценка безопасности, а количественная оценка опасности производится на основе предельно допустимых концентраций вредных веществ, не позволяющая выполнять интегральную оценку опасности. Однако концептуально и методологически анализ риска до сих пор не является научной основой ни нашего законодательства, ни практической деятельности, в отличие от вышеупомянутых развитых стран. Хотя в отечественной науке достигнуты заметные результаты в этой области».

Созданное в 1980 г. Международное общество по анализу риска (The Society for Risk Analysis [SRA]) стало издавать первый профессиональный журнал по анализу риска «Risk Analysis» и через 25 лет выпустило Белую Книгу по управлению рисками [51], ставшую «альфой и омегой» современных представлений об оценке и управлении риском. В этой книге «анализ риска» определяется как меж- и многодисциплинарная наука и практическая деятельность, изучающая риски для личности, общества, государства и частных предприятий на местном, региональном, национальном или глобальном уровнях. При этом достаточно быстро утвердилось выражение последствий риска количеством смертельных случаев. Например, в Великобритании для оценки допустимых индивидуальных рисков используются так называемые критерии Эшби, представляющие собой вероятности одного фатального случая в год [13, 44]. В США основная характеристика риска – сокращение ожидаемой продолжительности жизни (loss of life expectancy, LLE), которая показывает, на какой срок укорачивается жизнь человека, подвергающегося данному риску (см., например, [13, с. 190; 45]).

Таким образом, риск представляет собой количественную или качественную оценку опасности, сочетая в себе как минимум две вероятности: вероятность реализации неблагоприятного воздействия и вероятность поражения, потерь, нанесенных этим воздействием объектам окружающей среды и населению. С этой точки зрения анализу риска соответствует вероятностная модель достижения экосистемой климатического состояния [26, т. 1, с. 467–471].

Не касаясь вопросов истории концепции климакса (см. [17, 28]), приведем современную классификацию климаксов (относительно стабильных и длительно существующих состояний растительности, являющихся результатом сукцессий). Р. Уиттекер [52] различает пять типов климакса в зависимости от их устойчивости (последняя рассматривается им как функция двух основных показателей – времени генерации доминантов  $[Z]$  и продолжительности циклов резких изменений условий среды  $[X]$ ):

- *аклиммакс* ( $Z > X$ ) – неустойчивое состояние сообщества, возникающее в случае, когда время генерации доминантов больше, чем время изменения условий среды; флуктуации сообщества беспрестанны, серийные и климаксовые сообщества неразличимы (пример – сообщества фитопланктона);
- *циклоклимакс* ( $Z \approx X$ ) – малоустойчивый вариант климакса, когда цикл генерации доминантов примерно совпадает с колебаниями условий среды, серийные и климаксовые сообщества плохо различимы (например, сообщества однолетников в пустыне);
- *катаклимакс* ( $Z < X$ ) – малоустойчивый вариант климакса, когда генерация доминантов происходит в

период между повторяющимися воздействиями факторов среды, серийные и климаксовые сообщества более или менее различимы (сообщества под воздействием регулярных пожаров, наводнений и пр.);

- *суперклимакс* ( $Z \ll X$ ) – устойчивый вариант климакса в экстремальных условиях (тундры, пустыни); бета-разнообразие сообществ минимально, серийные и климаксовые сообщества практически неразличимы;

- *эуклимакс* ( $Z < X$ ) – классическая форма климакса, серийные и климаксовые сообщества хорошо различимы (развитие лесной растительности).

Если первые два типа климакса (аклиммакс и циклоклимакс) собственно климаксами и не являются, то три оставшиеся типа (катаклимакс, суперклимакс и эуклимакс ( $Z < X$ )) представляют собой определенные ступени развития фитоценозов на пути к устойчивому состоянию (эти типы различаются биомассой сообществ и степенью отличия климаксовых сообществ от серийных).

На  $Z$  и  $X$  оказывают воздействие большое число различных причин, что позволяет рассматривать их как случайные величины [4]. Пусть  $X_i$  – время до возникновения катаклизма по  $i$ -й причине. Величины  $X_1, X_2, \dots, X_n$  являются случайными, что обусловлено случайным характером функционирования внешней по отношению к сообществу среды. Допустим, что эти случайные величины являются независимыми и подчиняются одному и тому же закону распределения с функцией  $F_X(\tau)$ . Тогда время до существенного изменения условий внешней среды будет:

$$X = \min\{X_1, X_2, \dots, X_n\}.$$

Будем считать, что растительность достигает климаксового состояния, если осуществляется событие  $Z < X$ , то есть время развития доминанты будет меньше, чем время между двумя резкими изменениями среды, которые могут его «погубить». Так как  $Z$  и  $X$  – случайные величины, то событие  $Z < X$  либо произойдет в каждой конкретной ситуации, либо нет. Нас будет интересовать вероятность осуществления события  $Z < X$  на промежутке времени  $[0, t]$ , которую можно записать следующим образом [4, 23, 24]:

$$P_t(Z < X) = 1 - F_X(t) + \int_0^t F_Z(\tau) dF_X(\tau),$$

где  $F_X(\tau)$  и  $F_Z(\tau)$  – функции распределения случайных величин  $X$  и  $Z$ . Исследованию вероятности  $P_t(Z < X)$ , называемой *вероятностью «успеть подготовиться к катастрофе»*, посвящен цикл работ С.Ю. Рудермана [31–33 и др.].

В каждой конкретной ситуации могут быть выбраны определенные законы распределения  $F_X$  и  $F_Z$  и оценены их параметры. Так, в качестве закона распределения для времени между случайными и резкими изменениями среды (например, пожары или ветрова-

лы, соответствующие концепции катастрофического климакса, примером чему могут служить заросли чапарали в Калифорнии, подверженные пожарам [20, 37]), при достаточно большом  $n$  можно использовать закон распределения Вейбулла<sup>1</sup>.

Для случайного времени генерации доминантов предложен [4] более «экзотический» вариант закона распределения – *распределение Вальда*. Будем считать распределение удельной биомассы доминирующего вида логнормальным и допустим, что его генерация произойдет тогда, когда эта удельная биомасса превысит некоторый заданный порог. Было доказано [1], что  $P(Z < t) = P(Q > t)$ , где случайная величина  $Q$  – это количество слагаемых, приводящих к первому переходу логарифма удельной биомассы  $[B(\tau)]$  через пороговое значение  $[B_0]$ , а закон распределения  $Q$  асимптотически подчиняется закону распределения Вальда. Для больших величин  $\tau$  имеет место следующая приближенная оценка закона распределения Вальда [1]:

$$F_x(\tau) \approx 1 - \exp[-d\tau/(2\mu)],$$

где  $d$  и  $\mu$  – параметры распределения, выражающие через  $\ln(B_0)$  математическое ожидание и дисперсию случайных коэффициентов пропорциональности прироста биомассы доминирующего вида за единицу времени (подчиняющихся, по предположению, логарифмически нормальному распределению). Таким образом, при весьма общих предположениях о динамике доминирующего вида вероятность достижения им устойчивого состояния  $P_t(Z < X)$  с учетом распределений Вейбулла и Вальда имеет следующий вид:

$$P_t(Z < X) = \exp\left\{-\left[\frac{t - \Theta}{\tau_0 - \Theta}\right]^\alpha\right\} + \frac{\alpha}{(\tau_0 - \Theta)} \int_0^t \left[1 - \exp\left(-\frac{d\tau}{2\mu}\right)\right] \cdot \exp\left\{-\left[\frac{\tau - \Theta}{\tau_0 - \Theta}\right]^\alpha\right\} \cdot (\tau - \Theta)^{\alpha-1} \cdot d\tau,$$

где  $\tau_0$ ,  $\Theta$  и  $\alpha$  – параметры распределения Вейбулла.

Несмотря на «ужасный» вид этого выражения, вычисления по данной формуле сравнительно просты: функция распределения Вальда табулирована [14]. Еще более простую запись вероятности  $P(Z < X)$

$$F_x(\tau) = \begin{cases} 1 - \exp\left\{-\left[\frac{\tau - \Theta}{\tau_0 - \Theta}\right]^\alpha\right\}, & \text{для } \tau \geq \Theta, \\ 0, & \text{для } \tau < \Theta, \end{cases}$$

где  $\tau_0$  – время, в течение которого вероятность существенного изменения состояния среды равна  $F_x(\tau_0) = 1 - e^{-1} = 0,63212$ ; параметр  $\Theta$  определяет границу интервала  $[0, \Theta]$ , на протяжении которого с вероятностью, равной единице, катаклизмы не происходят («порог спокойствия»);  $\alpha > 0$  – некоторая постоянная. Эти параметры распределения оцениваются по специальной методике [8].

можно получить, предположив нормальность законов распределения  $Z$  и  $X$  [3, 31].

Вероятность  $P(Z < X)$  можно использовать в качестве некоторого индекса устойчивости сообщества и оценки риска (его преимущество над «придуманными» индексами состоит в том, что этот индекс «вытекает» из вероятностной модели) или для решения некоторых оптимизационных задач. В частности, в общем случае можно предположить, что вероятностные характеристики случайных величин  $X$  и  $Z$  зависят от некоторых количеств ресурсов  $\{R_i\}$  (ресурс  $R_i$  выделяется на борьбу с наступлением  $i$ -го нежелательного изменения среды, например, противопожарные мероприятия и пр.). Тогда, если общее количество ресурсов  $R$  ограничено, то возникает задача оптимального управления достижением климаксового состояния: найти такой набор чисел  $\{R_i\}$ , чтобы вероятность наступления климаксового состояния  $P_t(Z < X)$  была максимальной при условии, что  $R_1 + R_2 + \dots + R_n \leq R$ . Подобная задача была решена П.М. Брусиловским [3] в предположении, что  $X$  и  $Z$  подчиняются закону распределения Пуассона.

Подчеркнем, что особенность предлагаемых вероятностных оценок состоит в том, что  $P_t(Z < X)$  – это вероятность соотношения двух случайных величин, а не одной случайной величины и некоторой константы (последнее задает закон распределения этой случайной величины).

## Оценка ущерба

Анализ риска, как уже упоминалось выше (см. цитату из работы [38]), «противостоит» укоренившейся в России законодательно и нормативно системе оценки воздействий через ПДВ и ПДК. Экологический ущерб – это изменение полезности окружающей среды вследствие ее загрязнения (это загрязнение и оценивается с использованием ПДВ и ПДК). Ущерб же оценивается как затраты общества, которое оно несет в результате попыток «вернуть» окружающую среду в рамки некоторых нормативов «хорошего качества среды». Размер экологического ущерба (с учетом рыночных цен) складывается из следующих затрат:

- дополнительные затраты общества в связи с изменениями в окружающей среде;
  - затраты на снижение загрязнений;
- затраты на возврат окружающей среды в прежнее состояние;
  - затраты на восстановление окружающей среды;
- дополнительные затраты будущего общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных ресурсов;
  - дополнительные затраты из-за изменения качества окружающей среды;
  - затраты на компенсацию риска для здоровья людей;

° затраты на дополнительный природный ресурс для разбавления сбрасываемого потока до безопасной концентрации загрязняющего вещества.

Разберем возможность оценки экологического ущерба на примере оценки рыбохозяйственного ущерба пресноводным экосистемам в результате антропогенных воздействий [12].

Как справедливо было подчеркнуто В.Ф. Шуйским и соавт. [41, с. 636], «корректная оценка ущерба, наносимого рыбному хозяйству вследствие сооружения производственных объектов и их эксплуатации в штатном режиме и при авариях, является одной из актуальнейших задач современной гидроэкологии... Очевидно, что для решения столь сложной и важной задачи необходима надежная нормативно-методическая основа». В свою очередь, И.А. Евланов и соавт. [10, с. 40] указывают, что «для компенсации ущерба водным биологическим ресурсам от различных видов хозяйственной деятельности, в том числе и от загрязнения водоемов, существуют специальные методики»:

- «Методика подсчета ущерба, нанесенного рыбному хозяйству в результате сброса в рыбохозяйственные водоемы сточных вод и других отходов» (утверждена Министерством рыбного хозяйства СССР 16 августа 1967 г. № 30-1-11);

- «Временная методика оценки ущерба, наносимого рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах» (М., 1989);

- добавим к этому «Методику подсчета ущерба, нанесенного рыбному хозяйству в результате нарушения правил рыболовства и охраны рыбных запасов», утвержденную Министерством рыбного хозяйства СССР 12 июля 1974 г. (№ 30-2-02).

На момент разработки все эти методики соответствовали принципам плановой экономики советского периода. Однако реалии изменились: с приходом рынка, института частной собственности и других преобразований использовать положения этих документов стало все труднее.

13 января 2011 г. был подготовлен проект приказа Росрыболовства, который отменял эти устаревшие методики и по согласованию с Министерством природных ресурсов и экологии и Министерством финансов Российской Федерации утверждал новую «Методику исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам»; сам приказ «состоялся» 25 ноября 2011 г. (№ 1166) и был зарегистрирован (через год после появления проекта) в Минюсте России 5 марта 2012 г. (№ 23404). Методика регулирует порядок определения:

- размера вреда, причиненного водным биоресурсам в результате нарушения законодательства в обла-

сти рыболовства и сохранения водных биоресурсов, а также в результате стихийных бедствий, аномальных природных явлений, аварийных ситуаций природного и техногенного характера (глава II);

- размера вреда водным биоресурсам от осуществления планируемой хозяйственной и иной деятельности, влияющей на состояние водных биоресурсов и среды их обитания (глава III).

Размер ущерба водным биоресурсам (по данной «Методике...») является суммой его компонентов, рассчитанных для каждого вида водных биоресурсов, и выражается формулой:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5, \quad (1)$$

где:  $N$  – размер ущерба водным биоресурсам, причиненный нарушением законодательства, руб.;  $N_1$  – размер ущерба от гибели водных биоресурсов (за исключением гибели кормовых организмов), руб.;  $N_2$  – размер ущерба от утраты потомства погибших водных биоресурсов, руб.;  $N_3$  – размер ущерба от потери прироста водных биоресурсов, в результате гибели кормовых организмов (планктон, бентос), руб.;  $N_4$  – размер ущерба от ухудшения условий обитания и воспроизводства водных биоресурсов (утрата мест нереста и размножения, зимовки, нагульных площадей, нарушение путей миграции, ухудшение гидрохимического и гидрологического режимов водного объекта), руб.;  $N_5$  – затраты на восстановление нарушенного состояния водных биоресурсов, руб.

В контексте данной работы каждую величину  $N_i$  следует интерпретировать как математическое ожидание величины ущерба, которая напрямую зависит от вероятностей риска наступления того или иного нежелательного («наносимого ущерб») воздействия. Пусть нас, для примера, будет интересовать определенная величина  $N_4$  из (1). Размер ущерба, причиненного ухудшением среды обитания и условий воспроизводства водных биоресурсов (за исключением водных млекопитающих), определяется суммой ущербов от утраченной рыбопродуктивности водного объекта рыбохозяйственного значения и утраченного потомства водных биоресурсов по формуле:

$$N_4 = \Sigma N_{\text{уб}} + \Sigma N_{\text{уп}}, \quad (2)$$

где:  $N_4$  – размер ущерба, причиненного ухудшением условий обитания и воспроизводства водных биоресурсов – см. формулу (1), руб.;  $\Sigma N_{\text{уб}}$  – суммарный размер ущерба от утраченной рыбопродуктивности водного объекта (его участка) всех видов водных биоресурсов, руб.;  $\Sigma N_{\text{уп}}$  – суммарный размер ущерба от утраченного потомства всех видов водных биоресурсов, руб.

Целый ряд «линейных» допущений позволяет в «Методике...» определить величину  $N_4$  из (2) следующим образом:

$$N_4 = \Sigma(P_0 \cdot Z) + \Sigma N_{уп}, \quad (3)$$

где:  $Z$  – стоимость продукции, получаемой из 1 кг сырья водного биоресурса, руб.;  $P_0$  – общий вес теряемых водных биоресурсов от утраченной рыбопродуктивности водного объекта (его участка) рыбохозяйственного значения, кг; при этом

$$P_0 = \Sigma S \cdot (B - B_1),$$

где:  $\Sigma$  – оператор, представляющий собой последовательное суммирование результатов расчета, определенных по отдельным видам водных биоресурсов;  $S$  – площадь негативного воздействия, га;  $(B - B_1)$  – показатель утраченной рыбопродуктивности водоема (или его части) рыбохозяйственного значения по отдельному виду водного биоресурса, который определяется как разница между показателями рыбопродуктивности (по этому виду водного биоресурса) водного объекта рыбохозяйственного значения до негативного воздействия ( $B$ ) и после ( $B_1$ ), кг/га. При этом, когда необходимые для расчета по формуле (3) показатели утраченной рыбопродуктивности для каждого вида рыб отсутствуют, общий вес теряемых водных биоресурсов ( $P_0$ ) определяется (в зависимости от разных условий) либо по общей для всех видов рыб рыбопродуктивности водного объекта рыбохозяйственного значения, либо как отношение добываемого количества водного биоресурса к площади водного объекта (его отдельного участка) рыбохозяйственного значения, либо по значению утраченных площадей для естественного воспроизводства водных биоресурсов. Если участок водного объекта рыбохозяйственного значения имеет значение как для добычи (вылова), так и для естественного воспроизводства водных биоресурсов, то рыбопродуктивность представляет собой сумму величин, рассчитанных обоими указанными способами.

Расчет размера ущерба от утраченного потомства ( $\Sigma N_{уп}$ ) водных биоресурсов при ухудшении условий обитания и воспроизводства водных биоресурсов выполняется в следующем порядке:

- на основании утраченной рыбопродуктивности водного объекта рыбохозяйственного значения определяется количество утраченных (принимаются погибшими) взрослых особей водных биоресурсов по каждому виду водных биоресурсов ( $n$ ), по формуле:

$$n = (B - B_1) \cdot S/P,$$

где:  $P$  – средний вес особи вида водного биоресурса, кг;

- расчет размера ущерба водным биоресурсам, а так-

же общий вес теряемых биоресурсов ( $P_0$ ) в результате потери потомства из-за ухудшения условий обитания и воспроизводства водных биоресурсов выполняется по формуле:

$$P_0 = n \cdot Q \cdot c \cdot P,$$

где:  $Q$  – средняя плодовитость самки, шт. детенышей;  $c$  – кратность оценки за половозрелый период жизни, разы.

Оценка работоспособности новой «Методики...» – дело будущего. Но можно уже сейчас констатировать, что в новой методике определения ущербов так и не найдены места для целого ряда очень важных параметров, о которых говорилось ранее [10] (в частности, не ясно, как по показателям изменения [упрощения] структуры сообществ кормовых организмов подойти к расчету ущерба ихтиофауне или как учитывать изменения коэффициентов смертности организмов под воздействием повышенного содержания токсикантов [только в таблицах коэффициентов промышленного возврата от икры, личинок и молоди рыб и других водных организмов-объектов рыболовства можно найти экспертные оценки по предварительным данным о смертности либо икры до перехода в стадию планктонной личинки, либо личинки – до взрослой особи]). Все это позволяет продолжить рассмотрение методических подходов к определению размера вреда водным биоресурсам от разного рода антропогенных воздействий. И здесь можно воспользоваться международным опытом и попробовать «навести мосты» с анализом рисков.

В конце XX века группой компаний и исследовательских организаций Нидерландов при координации Научно-исследовательской программы переработки отходов [46–48] была разработана методика «Эко-индикатор 95», ориентированная на экологическую оценку рисков воздействия жизненного цикла продукции на здоровье населения. Риск нанесения ущерба здоровью людей в этой методике выражается системным показателем – *приведенным количеством потерянных лет* (ПКПЛ). При этом учитываются как потерянные годы жизни, так и годы, прожитые в состоянии инвалидности. Полученная величина делится на число жителей Европы. В табл. 1 приведены показатели ущерба здоровью людей от основных видов воздействий.

Методика «Эко-индикатор 99» [13, 48, 49] учитывает показатели ущерба здоровью людей, наносимого различными загрязнителями. Значение фактора ущерба выражается в единицах ПКПЛ и относится к 1 кг вещества, поступившего в один из трех компонентов среды обитания (воздух, вода и почва). Эти две разработки могут быть применены и для оценки рыбохозяйственного ущерба пресноводным экосистемам, на что косвенно указано рядом исследователей [50, p. 5319]: «Как

представляется, эти методики стратегически могут широко использоваться в научно-исследовательской и производственной практике».

В качестве иллюстрации такого «взаимодействия» методик рассмотрим следующий пример. В табл. 2 приведены значения ПДК (в разных вариантах) и показатели воздействия некоторых веществ на человека через водную среду [49].

Расширяя список веществ, мы сможем установить корреляционные связи между различными способами нормирования воздействий на водные объекты. В дальнейшем, либо вводя поправочные коэффициенты, либо «формируя» из данных параметров некоторый обобщенный нормирующий коэффициент, возможно, нам удастся скорректировать оценку ущерба.

Табл. 1

#### Показатели ущерба здоровью людей [49, р. 98]

Вид воздействия	Ущерб на одного жителя Европы, ПКПЛ/год
Действие неорганических веществ на органы дыхания	0,0108
Изменение климата	00,00239
Канцерогенные эффекты	0,00200
Обеднение озонового слоя	0,000219
Действие органических веществ на органы дыхания	0,0000684
Ионизирующая радиация	0,0000268
<b>Суммарный ущерб здоровью людей</b>	<b>0,0155</b>

Даже столь небольшой список веществ и соответствующих им показателей предельных концентраций позволяет сделать некоторые выводы. Во-первых, если эти «ряды» и связаны, то далеко не линейной зависимостью. Иными словами, в основе их получения лежит различная информация, что и позволяет надеяться на ее комплексное использование в случае «синтеза» некоторого обобщенного показателя. Во-вторых, отечественные показатели «жестче», чем, в частности, ПДК Европейского союза. В-третьих, региональные ПДК и эко-индикаторы демонстрируют «оригинальное поведение» (скорее всего, нелинейную зависимость с «классическими» ПДК), что делает их весьма интересными и, возможно, альтернативными этим показателям. Все это убеждает нас в том, что мы на правильном пути, и исследования в этом направлении следует продолжать.

Но несмотря на то, что в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» (статья 20) сформулировано основное условие разработки нормативов – это проведение научных исследований, данное требование выполняется недостаточно. Практически не финансируются исследовательские работы, направленные на разработку экологических нормативов и региональных нормативов качества воды. В результате мы имеем дело с нормативами (ПДК), которые только в первом приближении можно назвать экологическими. По сути, существующая система нормирования лишь декларирует обеспечение устойчивого функционирования естественных или сложившихся экологических систем и сохранение биологического разнообразия. Для реализации такой декларации должны быть разработаны экологические (региональные) нормативы.

Как бы мы ни снижали уровень отрицательного воздействия на водные массы, инструментальными мето-

Табл. 2

#### Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов (мг/л)

Вещество	ПДКв1	ПДКрыбхоз	ПДКрегион	ПКПЛ/кг	ПДК-ЕС
Нитраты (по N)	45,0	9,1	0,25		50,0
Фосфаты (по P)	3,5	0,2	0,07		1,0–2,0
Медь	1,0	0,001	0,005	14,3	0,1–4,0
Цинк	1,0	0,01	0,02	1,59	0,5–0,7
Алюминий	0,5	0,04			1,0–10,0
Ртуть	0,0005	0,00001		19,2	0,001
Бенз(а)пирен	0,000005			3,59	

Примечание. ПДКв1 – для водных объектов 1-й категории водопользования (для хозяйственно-питьевых целей); ПДКрыбхоз – для водоемов рыбохозяйственного назначения; ПДКрегион – региональные ПДК [27, 34, 45, с. 170]; ПКПЛ/кг [49, р. 124]; ПДК-ЕС – ПДК Европейского союза.

дами не в о з м о ж н о контролировать присутствие в с е х загрязнителей. Занятие это очень трудоемкое и финансово крайне затратное. Нужен постоянный контроль за качеством водной среды и адекватная реакция (через научно-обоснованные оценки ущерба) на ее загрязнение. Это может обеспечить только гидробиологический (ихтиологический) мониторинг.

### Заключение

Фундаментальной основой обеспечения устойчивого развития социо-эколого-экономических систем (СЭЭС) регионов России является оптимизация разного рода рисков (социальных, экологических, экономических [финансовых] и пр.). В большинстве регионов высокий инвестиционный потенциал сочетается с высоким уровнем социально-экологических рисков [2, 15, 36]. Однако в настоящее время, как отмечено рядом исследователей [2, с. 212], «практически отсутствуют методы количественной оценки техногенных социально-экологических рисков причинения вреда здоровью населения под воздействием вредных факторов окружающей среды. Существующие методы основаны на масштабных долгосрочных и дорогостоящих медико-биологических исследованиях и не учитывают специфические для конкретного региона факторы». Правда, нам известны исследования по анализу экологических рисков, основанных на простой статистической обработке социологических опросов (см., например, [18, 39]).

Как уже отмечалось выше, экологический риск – это вероятность экологического бедствия, катастрофы,

нарушения дальнейшего нормального функционирования и существования СЭЭС в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Таким образом, вероятностный подход к «анализу рисков в рублях ущерба», наносимого СЭЭС, выступает как интересный инструмент решения некоторых проблем социальной экологии, основной задачей которой (см. выше «Введение») является оптимизация воздействия человека на окружающую среду и тех преобразований в ней, которые выступают результатом человеческой деятельности. В качестве положительного примера «взаимодействий» в системе «социальная экология – анализ рисков – экологические ущербы» можно назвать работы сотрудников Института экологии Волжского бассейна РАН [9, 11] по экологическим и экономическим аспектам использования тралов на промысле в условиях пресноводных водоемов (на примере Саратовского водохранилища), которые «прошли путь» от теоретико-фундаментальных исследований до внедрения<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Эти работы послужили основанием для изменений в правилах рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна (Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 26 мая 2015 г. № 214), включающих запрет на применение разноглубинных тралов в Саратовском водохранилище и определение донных тралений следующим образом: «Донные траления определяются по наличию в улове: водных биоресурсов за одну операцию по добыче (вылову) живых организмов, относящихся к сидячим видам, а также по состоянию нижней подборы трала, утяжелителей и траловых досок, которые не должны иметь следов воздействия грунта в виде шлифованных поверхностей».

## Литература

### Список русскоязычной литературы

1. Башаринов АЕ, Флейшман БС. Методы статистического последовательного анализа и их приложения. М.: Сов. Радио; 1962.
2. Бразговка ОВ, Сугак ЕВ. Интеллектуальный анализ социально-экологических рисков населения промышленного региона. В кн. Фундаментальные проблемы науки: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (20 июня 2017 г., Казань). Часть 4. Уфа: АЭТЕРНА; 2017. с. 212-4.
3. Брусиловский ПМ. О вероятности выживания системы, готовящейся к наступлению катастрофы. В кн.: Модели организации, управления и методы их исследования. Уфа: Изд-во Башкирского ун-та; 1975. с. 101-9.
4. Брусиловский ПМ, Розенберг ГС. Вероятностная модель достижения растительностью устойчивого состояния. В кн.: III Всесоюзная конференция по биологической и медицинской кибернетике. Т. 3. М.; Сухуми: АН СССР; 1978. с. 229-32.
5. Гирусов ЭВ. Основные исторические этапы взаимодействия общества и природы. В кн.: Природа и общество. М.: Наука; 1968. с. 48-57.
6. Гирусов ЭВ. Система «общество – природа». М.: Изд-во МГУ; 1976.
7. Гирусов ЭВ. Особенности формирования социальной экологии. В кн.: Проблемы социальной экологии: Тезисы докладов Первой Всесоюзной конференции (Львов, 1-3 октября 1986 г.). Часть I. Львов: Вільна Україна; 1986. С. 3-5.

8. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. М.: Мир; 1965.
9. Евланов ИА. Необходимость защиты водных биологических ресурсов Саратовского водохранилища и среды их обитания от использования тралов на промысле. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2014;23(2):72-83.
10. Евланов ИА, Зибарев СС, Розенберг ГС. Размышления над методами исчисления ущерба водным биологическим ресурсам от хозяйственной деятельности // Экология и промышленность России. 2011;(4):40-3.
11. Евланов ИА, Минеев АК, Розенберг ГС. Защита водных биологических ресурсов и среды их обитания от использования тралов на промысле по опыту Саратовского водохранилища на р. Волга. Биосфера. 2016;8(1):47-55.
12. Зибарев СС, Евланов ИА, Розенберг ГС. Концепция «эко-индикатора» и оценка рыбохозяйственного ущерба пресноводным экосистемам в интересах устойчивого развития. В кн.: Устойчивое развитие территорий: теория и практика. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции (18 мая 2012 г.). Уфа: Зауральский филиал ФГБОУ ВПО «Башкирский ГАУ»; 2012. с. 198-207.
13. Косинова ИИ, Кустова НР. Теория и методология геоэкологических рисков. Вестн Воронежского гос ун-та сер геол. 2008;(2):189-97.
14. Крапивин ВФ. Таблицы распределения Вальда. М.: Наука; 1965.
15. Кузьмин ИИ, Харченко СГ. Принципы и рекомендации по управлению риском в социально-экономических системах. В кн.: Будущее нации. Парламентские слушания «Экологическая безопасность России и управление экологическим риском в регионах». М.: Изд. Совета Федерации ФС РФ; 1995. с. 53-63.
16. Марков ЮГ. Социальная экология. Взаимодействие общества и природы. Новосибирск: Сибирское университетское издательство; 2004.
17. Миркин БМ, Наумова ЛГ. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем; 1998.
18. Мячина КВ. Анализ региональных экологических рисков (на примере Оренбургской области). География и природные ресурсы. 2012;(2):129-35.
19. Новгородцева АН. Социальная экология. Екатеринбург: Изд-во Уральского федерального ун-та; 2015.
20. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир; 1975.
21. Проблемы эколопаса: Программа и тезисы докладов научно-технической конференции (Барселона – Мадрид, 28 марта–5 апреля 1998 г.). М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды; 1998.
22. Розенберг АГ. Августовские тезисы о социальной и глубинной экологии. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2012;21(2):4-25.
23. Розенберг ГС. Вероятностный подход к изучению временной структуры растительного покрова. Журн общ биол. 1980;41(3):372-85.
24. Розенберг ГС. Модели в фитоценологии. М.: Наука; 1984.
25. Розенберг ГС. Территориальная комплексная схема охраны окружающей среды (ТерКСО-ОС) как основа экологической политики в городе. В кн.: Проблемы эколопаса: Программа и тезисы докладов научно-технической конференции (Барселона – Мадрид, 28 марта–5 апреля 1998 г.). М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды; 1998. с. 19-21.
26. Розенберг ГС. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра; 2013.
27. Розенберг ГС, Евланов ИА, Селезнев ВА и др. Опыт экологического нормирования антропогенного воздействия на качество воды (на примере водохранилищ Средней и Нижней Волги). В кн.: Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов М.: КМК; 2011. С. 5-29.
28. Розенберг ГС, Мозговой ДП, Гелашвили ДБ. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара: Самарский НЦ РАН, 1999.
29. Розенберг ГС, Розенберг АГ, Иванов МН. Социальная экология М. Букчина – элемент устойчивого развития? [Рецензия]. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2012;21(1):176-83.
30. Розенберг ГС, Хазиев ФХ, Миркин БМ. О некоторых особенностях создания долгосрочных экологических программ. В кн.: Проблемы социальной экологии: Тезисы докладов Первой Всесоюзной конференции (Львов, 1–3 октября 1986 г.). Часть III. Львов: Вільна Україна; 1986. с. 58-60.
31. Рудерман СЮ. Вопросы надежности и поиска неисправностей в системах с учетом вероятностного режима использования элементов. Изв АН СССР Техн Киберн. 1963;(6):131-8.
32. Рудерман СЮ. Надежность системы при случайном режиме ее использования. Изв АН СССР Техн Киберн. 1965;(6):38-40.
33. Рудерман СЮ. О формировании «общений» в биополимерах. Тольятти: ИЭВБ РАН; 1994.

34. Селезнева АВ, Селезнев ВА. Проблемы восстановления экологического состояния водных объектов. Водное хозяйство России. 2010;(2): 28-44.
  35. Селезнева АВ, Селезнев ВА. Учет природных региональных особенностей при нормировании антропогенной нагрузки на водные объекты. В кн.: Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. М.: КМК; 2011. с. 167-70.
  36. Сугак Е.В. Современные методы оценки экологических рисков. Eur Soc Sci J. 2014;2(5):427-33.
  37. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс; 1980.
  38. Харченко СГ, Дорохина ЕЮ. Анализ рисков окружающей среды. Вопросы анализа риска. 2009;(1-2):92-105.
  39. Чибилев АА. Экологические риски на территории Оренбургской области. Пробл регион экол. 2010;(1):129-36.
  40. Чумаков АН, Ильин ИВ, Лисеев ИК, Урсул АД и др. Гирусов Эдуард Владимирович (26 июля 1932 г. – 26 мая 2019 г.). Глобалистика Информационно-научный портал. <https://www.globalistika.ru/girusov-eduard-vladimirovich-26-iyu>.
  41. Шуйский ВФ, Дрозжина КС, Максимова ТВ, Петров ДС. Современное состояние нормативно-методической базы оценки техногенного рыбохозяйственного ущерба пресноводным и эстуарным экосистемам. В кн.: Экология антропогена и современности: природа и СПб.: Гуманистика; 2004. С. 636-45.
  5. Girusov EV. [The main historical stages of interaction between society and nature]. In: Priroda i Obschestvo. Moscow: Nauka; 1968. p. 48-57. (In Russ.)
  6. Girusov EV. Sistema "Obschestvo-Priroda". [The System "Society – Nature"]. Moscow: MGU; 1976. (In Russ.)
  7. Girusov EV. [Specific features of development of social ecology]. In: Problemy Sotsialnoy Ekologii. Lvov: Vilna Ukraina; 1986. p. 3-5. (In Russ.)
  8. Gumbel E. Statistika Ekstremalnykh Znacheniy. Moscow: Mir; 1965. (In Russ.)
  9. Evlanov IA. [The need to protect aquatic biological resources of the Saratov reservoir and their habitat from the use of trawls in the fishery] // Samarskaya Luka. 2014;23(2):72-83. (In Russ.)
  10. Evlanov IA, Zibarev SS, Rozenberg GS. [Reflections on methods of calculating damage to aquatic biological resources from economic activities]. Ekol Promysh Rossii. 2011;(4):40-3. (In Russ.)
  11. Evlanov IA, Mineyev AK, Rozenberg GS. [Protection of aquatic biological resources and their habitat from the use of trawls in the fishery according to the experience of the Saratov reservoir on the river Volga]. Biosfera. 2016;8(1):47-55. (In Russ.)
  12. Zibarev SS, Evlanov IA, Rozenberg GS. [Eco-indicator concept and assessment of fisheries damage to freshwater ecosystems for sustainable development]. In: Ustoychivoye Razvitiye Territoriy: Teoriya i Praktika. Ufa: Zauralskiy Filial FGBOU VPO «Bashkirskiy GAU»; 2012. p. 198-207. (In Russ.)
  13. Kosinova II, Kustova NR. [Theory and methodology of geo-environmental risks]. Vestn Voronezh Gos Univ Ser Geol. 2008;(2):189-97. (In Russ.)
  14. Krapivin VF. Tablitsy Raspredeleniya Val'da. [Wald Distribution Tables]. Moscow: Nauka; 1965. (In Russ.)
  15. Kuzmin II, Kharchenko SG. [Principles of and recommendations for risk management in socio-economic systems]. In: Buduscheye Natsii Parlamentskiye Slushaniya "Ekologicheskaya Bezopasnost Rossii i Upravleniye Ekologicheskim Riskom v Regionakh". Moscow: Izdatelstvo Soveta Federatsii FS RF; 1995. p. 53-63. (In Russ.)
  16. Markov YG. Sotsialnaya Ekologiya Vzaimodeystviye Prirody i Obschestva. [Social Ecology. The Interaction of Society and Nature]. Novosibirsk: Sibirskoye Universitetskoye Izdatelstvo; 2004. (In Russ.)
  17. Mirkin BM, Naumova LG. Nauka o Rastitelnosti (Istoriya i Soveremennoye Sostoyaniye Osnovnykh Kontseptsiy). [Science of Vegetation (History and Current State of the Main Concepts)]. Ufa: Gilem; 1998. (In Russ.)
- Общий список литературы/Reference List**
1. Basharinov AE, Fleyshman BS. Metody Staisticheskogo Posledovatel'nogo Analiza i Ikh Prilozheniya. [Methods of Statistical Sequential Analysis and Their Applications]. Moscow: Sovetskoye Radio; 1962. (In Russ.)
  2. Brazgovka OV, Sugak EV. [Intellectual analysis of social and environmental risks of the population of an industrial region]. In: Fundamentalnye Problemy Nauki Sbornik Statey Mezhdunarodnoy Nauchno-Prakticheskoy Konferentsii, Ufa: AETERNA; 2017. p. 212-4. (In Russ.)
  3. Brusilovskiy PM. [On the probability of survival of a system preparing for the onset of disasters]. In: Modeli Organizatsii, Upravleniya i Metody Ikh Issledovaniya. Ufa: Izdatelstvo Bashkirskogo Universiteta; 1975. P. 101-9. (In Russ.)
  4. Brusilovskiy PM, Rozenberg GS. [A probabilistic model of achieving a steady state by vegetation]. In: III Vsesoyuznaya Konferentsiya po Biologicheskoy i Meditsinskoy Kibernetike. Vol. 3. Moscow; Sukhumi: AN SSSR; 1978. p. 229-32. (In Russ.)

18. Miachina KV. [Analysis of regional environmental risks exemplified with Orenburg Region]. *Geografiya i Prirodnye Resursy*. 2012;(2):129-35. (In Russ.)
19. Novgorodtseva AN. *Sotsialnaya Ekologiya*. [Social Ecology]. Yekaterinburg: Izdatelstvo Uralskogo Federalnogo Univ.; 2015. (In Russ.)
20. Odum E. *Osnovy Ekologii*. [Fundamentals of Ecology]. Moscow: Mir; 1975. (In Russ.)
21. *Problemy Ekopolisa*. [Problems of Ecopolis]. Moscow: Goskomitet RF po Okhrane Okrushayushey Sredy; 1998. (In Russ.)
22. Rozenberg AG. [August theses on social and deep ecology]. *Samarskaya Luka*: 2012;21(2):4-25. (In Russ.)
23. Rozenberg GS. [Probabilistic approach to the study of the temporal structure of vegetation]. *Zhurn Obshch Biol*. 1980;41(3):372-385. (In Russ.)
24. Rozenberg GS. *Modeli v Fitotsenologii*. [Models in Phytocenology]. Moscow: Nauka; 1984. (In Russ.)
25. Rozenberg GS. [Territorial Integrated Environmental Protection Scheme (TerIEPS) as the basis of environmental policy in the city]. In: *Problems of Ecopolis*. Moscow: Goskomitet RF po Okhrane Okrzhayushey Sredy. 1998. P. 19-21. (In Russ.)
26. Rozenberg GS. *Vvedeniye v Teoreticheskuyu Ekologiyu* [Introduction to Theoretical Ecology]. Togliatti: Cassandra; 2013. Vol. 1-2. (In Russ.)
27. Rozenberg GS, Evlanov IA, Seleznev VA, et al. [An experience of the environmental regulation of human impact on water quality as exemplified with reservoirs of the Middle and Lower Volga]. In: *Voprosy Ekologichaskoogo Normirovaniya i Razrabotka Sistemy Otsenki Sostoyaniya Vodoyomov*. [Issues in Environmental Regulation and the Development of a System for Assessing the Status of Reservoirs]. Moscow: KMK. 2011. p. 5-29. (In Russ.)
28. Rozenberg GS, Mozgovoy DP, Gelashvili DB. *Ekologiya Elementy Teoreticheskikh Konstrutsiy Sovremennoy Ekologii*. [Ecology. Elements of Theoretical Constructs of Modern Ecology]. Samara: Samarskiy Nauchnyi Tsentr RAN; 1999. (In Russ.)
29. Rozenberg GS, Rozenberg AG, Ivanov MN. [Social ecology of M. Bookchin – an element of sustainable development? A review]. *Samarskaya Luka* 2012;21(1):176-83. (In Russ.)
30. Rozenberg GS, Khaziyev FK, Mirkin BM. [On certain features of developing of long-term environmental programs]. In: *Problemy Sotsialnoy Ekologii*. Lvov: Vilna Ukraina; 1986. p. 58-60. (In Russ.)
31. Ruderman SYu. [Issues in systems reliability and troubleshooting with account for the probabilistic use of elements]. *Izv AN SSSR Tekhn Kibern*. 1963;(6):131-8. (In Russ.)
32. Ruderman SYu. [The reliability of a system upon a random mode of its use]. *Izv AN SSSR Tekhn Kibern*. 1965;(6):38-40. (In Russ.)
33. Ruderman SYu. *O Formirovani "Soobscheniy" v Biopolimerakh*. [On Formation of "Messages" in Biopolymers]. Togliatti: IEVRB RAN; 1994. (In Russ.)
34. Selezneva AV, Seleznev VA. [Problems of restoration of the ecological state of water bodies]. *Vodnoye Khozyaystvo Rossii*. 2010;(2):28-44. (In Russ.)
35. Selezneva AV, Seleznev VA. [Accounting for regional natural features in regulating of anthropogenic pressure on water bodies]. In: *Voprosy Ekologicheskogo i Razrabotka Sistemy Otsenki Sostoyaniya Vodoyomov*. [Issues in the Environmental Regulation and the Development of a System for Assessing the Status of Reservoirs]. Moscow: KMK; 2011. p. 167-70. (In Russ.)
36. Sugak EV. [Modern methods of environmental risk assessment]. *Eur Soc Sci J*. 2014;2(5):427-33. (In Russ.)
37. Whittaker R. *Soobschestva i Ekosistemy*. [Communities and Ecosystems]. Moscow: Progress; 1980. (In Russ.)
38. Kharchenko SG, Dorokhina EYu. [Environmental risk analysis]. *Voprosy Analiza Riska*. 2009;(1-2):92-105. (In Russ.)
39. Chibilev AA. [Environmental risks on the territory of the Orenburg Region]. *Problemy Region Ekol*. 2010;(1):129-136. (In Russ.)
40. Chumakov AN, Ilyin IV, Liseyev IK, Ursul AD, et al. [Girusov Eduard Vladimirovich (26 July 1932 – 26 May 2019)]. *Globalistika Informatsionno-Nauchnyy Portal*. <https://www.globalistika.ru/girusov-eduard-vladimirovich-26-iyu>. (In Russ.)
41. Shuyskiy VF, Drozhzhina KS, Maksimova TV, Petrov DS. [The current state of the regulatory framework for the assessment of technogenic fisheries damage to freshwater and estuarine ecosystems]. In: *Ekologiya Antropogena i Sovremennosti: Priroda i Chelovek*. Saint Petersburg: Gumanistika; 2004. p. 636-45. (In Russ.)
42. Bookchin M. *Theses on social ecology in a period of reaction*. *Green Perspectives*. 1995;33(October).
43. Bookchin M. *The Philosophy of Social Ecology: Essays on Dialectical Naturalism*. Montreal: Black Rose Books Ltd.; 1990.
44. Chicken JC, Harbison SA. Differences between industries in the definition of acceptable risk. In: *Cox LA Jr., Ricci PF, Eds. New Risks: Issues and Management*. N. Y.: Springer; 1990. p. 123-8.

