
DISCUSSIONS



I. V. Gryb 

Dr. Sci. (Biol.), Sen. Res. Sci.

UDK 574.56(28)

*Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine,
Heroiv Stalinhrada Avenue, 12, 04210, Kyiv, Ukraine*

THE CONCEPT OF LOCAL EXPLOSION IN FRESHWATER ECOSYSTEMS

Abstract. The concept of an explosion in freshwater ecosystems as a result of the release of accumulated energy, accompanied by the destruction of the steady climax successions of hydrocenoses is presented. The typification of local explosions as well as methods for assessing their risk during the development of river basins are shown.

The change in atmospheric circulation, impaired phases of the hydrological regime of rivers, increasing the average temperature of the planet, including in Polesie to 0,6 °C, deforestation leads to concentration and release of huge amounts of unmanaged terrestrial energy, which manifests itself in the form of disasters and emergencies.

Hydroecological explosion is formed as a result of multifactorial external influence (natural and anthropogenic) on the water body in a certain period of time. Moreover, its level at wastewater discharge depends on the mass of recycled impurities and behaved processing capacity of the reservoir, and the mass of dumped on biocides and the possibility of the water flow to their dilution and to the utilization of non-toxic concentrations.


In all these cases the preservation of "centers of life" in the tributaries of the first order – local fish reproduction areas contributed to ecosystem recovery, and the entire ecosystem has evolved from equilibrium to non-equilibrium with further restructuring after the explosion and environmental transition to a new trophic level. It means that hydroecological explosion can be researched as the logical course of development of living matter in abiotic environmental conditions, ending abruptly with the formation of new species composition cenoses and new bio-productivity.

The buffer capacity of the water environment is reduced due to re-development and anthropic transformation of geobiocenoses of river basins, which leads to a weakening of life resistance. This applies particularly to the southern industrial regions of Ukraine, located in the arid zone that is even more relevant in the context of increased average temperature due to the greenhouse effect, as well as to Polesie (Western, Central and Chernihiv), had been exposed to large-scale drainage of 60-80th years, which contributed to the degradation of peatlands and fitostroma.

Imposing the western trace of emissions from the Chernobyl accident to these areas had created the conditions of prolonged hydroecological explosion in an intense process of aging water bodies, especially lakes, change in species composition of fish fauna and the occurrence of neoplasms at the organismal level.

Under these conditions, for the existence of man and the environment the vitaukta should be strengthened, i.e. buffer resistance and capacitance the aquatic environment, bioefficiency on the one hand and balanced using the energy deposited - on the other. This will restore the functioning of ecosystems "channel-floodplain", "riverbed-lake", reducing the energy load on the aquatic environment.

Hydroecological explosions of natural origin can not be considered a pathology – it is a jump process of natural selection of species of biota. Another thing, if they are of anthropogenic origin and if the magnitude of such an impact is on the power of geological factors.

 Tel.: +38044-419-39-81. E-mail: timchenkovm@gmail.com

DOI: 10.15421/031413

Hydroecological explosions can be regarded as a manifestation of environmental wars that consciously or unconsciously, human society is waging against themselves and their kind in the river basins, so prevention of entropy increase in the aquatic environment and the prevention of hydroecological explosions is a matter of human survival. While the man - is not the final link in the development of living matter, it can develop without him, as matter is eternal, and the forms of its existence are different.

Keywords: *hydroecological explosion, water environment, succession.*

УДК 574.56(28)

Й. В. Гриб

д-р біол. наук, стар. наук. співр.

*Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героїв Сталінграда, 12, 04210, м. Київ, Україна,
тел.: +38044-419-39-81, e-mail: timchenkovm@gmail.com*

КОНЦЕПЦІЯ ЛОКАЛЬНОГО ВИБУХУ В ПРІСНОВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Розглянуто концепцію вибуху в прісноводних екосистемах як результат звільнення накопленої енергії, що супроводжується руйнуванням сталих клімаксових сукцесій гідроценозів. Наведено типізацію локальних вибухів, а також методи оцінки ризику їх виникнення при освоєнні річкових басейнів.

Гідроекологічний вибух формується як результат багатофакторного зовнішнього впливу (природного і антропогенного) на водний об'єкт в певний відрізок часу.

Гідроекологічні вибухи можна розглядати як прояв екологічних війн, які свідомо чи несвідомо людське суспільство веде проти себе і собі подібних в річкових басейнах, тому попередження зростання ентропії у водному середовищі і попередження гідроекологічних вибухів є питанням виживання людини. При цьому людина – не кінцева ланка у розвитку живої матерії, вона може розвиватися і без нього, так як матерія вічна, а форми її існування різні.

Ключові слова: *гідроекологічний вибух, водне середовище, сукцесії.*

УДК 574.56(28)

И. В. Гриб

д-р биол. наук, стар. науч. сотр.

*Інститут гідробіології НАН України,
просп. Героев Сталинграда, 12, 04210, г. Киев, Украина,
тел.: +38044-419-39-81, e-mail: timchenkovm@gmail.com*

КОНЦЕПЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО ВЗРЫВА В ПРЭСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Рассмотрена концепция взрыва в пресноводных экосистемах как результат освобождения накопившейся энергии, сопровождающийся разрушением установившихся климаксовых сукцессий гидроценозов. Приведена типизация локальных взрывов, а также методы оценки риска их возникновения при освоении речных бассейнов.

Гидроэкологический взрыв формируется как результат многофакторного внешнего воздействия (природного и антропогенного) на водный объект в определенный отрезок времени.

Гидроэкологические взрывы можно рассматривать как проявление экологических войн, которые осознанно или неосознанно человеческое общество ведет против себя и себе подобных в речных бассейнах, поэтому предупреждение возрастания энтропии в водной среде и предупреждение гидроэкологических взрывов является вопросом выживания человека. При этом человек – не конечное звено в развитии живой материи, она может развиваться и без него, так как материя вечна, а формы ее существования различны.

Ключевые слова: *гидроэкологический взрыв, водная среда, сукцессии.*

ВВЕДЕНИЕ

Изменение атмосферных циркуляций, нарушение фаз гидрологического режима рек, повышение среднегодовой температуры планеты, в т.ч. на Полесье на 0,6 °С, вырубка лесов приводят к концентрации и освобождению огромного количества

неуправляемой земной энергии, которая проявляется в виде катастроф и чрезвычайных ситуаций.

За прошедшие десятилетия мы были свидетелями значительного числа катастроф природного и антропогенного происхождения – засухи (1999, 2000, 2004 гг.) и наводнения, нетипичное половодье в Закарпатье, смерчи (над Хренниковским водохранилищем, 1974 г. и бассейном р. Недра, 1997 г.), авария на ЧАЭС, массовая гибель рыб от дефицита кислорода на Кременчугском водохранилище и ранее в р. Горынь (1969), р. Стырь (1974), р. Оскол (1979). Если на планете в течение 1993 г. произошло около 900 нештатных ситуаций, то к концу второго тысячелетия их количество возросло почти в 3 раза. На этот процесс накладываются фоновые антропогенные загрязнения, экологические просчеты при крупном гидротехническом и масштабном мелиоративном строительстве.

Никем еще не оценен ущерб, нанесенный аборигенной ихтиофауне постоянным влиянием примесей от деструкции осушенных торфяников и вымывания минеральных удобрений, влияния недостаточно очищенных коммунальных стоков (эффективность очистки от примесей 50,0–70,0 %), а также рассеянных источников загрязнения от животноводческих комплексов. Сегодня все крупные населенные пункты, животноводческие фермы, летние пастбища, осушительные мелиоративные системы, свеклоперерабатывающие сахарные заводы – это зоны экологического риска для водной среды, для населения (опасность распространения инфекционных и инвазионных заболеваний), а также угроза всему живому в речных (водных) экосистемах.

В связи с угрозой биосфере необходима разработка концепции взрыва в пресноводных экосистемах и хозяйственной политики в речных и озерных бассейнах.

СУЩНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Жизнедеятельность гидробионтов в водных экосистемах тесно связана с подведением энергии извне – от солнечной инсоляции, поступления тепла с речным (подземным) стоком, энергетических дотаций (С, N, P) с поверхности водосбора, а также интенсивностью ее рассеивания путем фотосинтеза и фотоокисления, деструкции, потребления консументами, выноса осадконакопления, расходом на поддержание уровня жизнеобеспечения, в первую очередь, насыщения воды растворенным кислородом, реакции среды, дотациями биоцидов и т.п. (Bauer, 1935; Odum, 1975; Vernadskij, 1977, 1978; Emelianov, 1984; Bykovskij, 1988; Grib et al., 1993; Gryb, 2001, 2002; Romanenko et al., 2003; Romanenko and Gryb, 2004).

Избыточное накопление энергии в водной среде вследствие нарушения продукционно-деструкционных процессов ведет к возникновению кризисных ситуаций, превышению перерабатывающей способности водной среды, гибели чувствительных к качеству воды гидробионтов (рыб-реофилов, водных растений, моллюсков), формированию новой сукцессии гидробионтов, более толерантных к новым условиям.

Для оценки состояния экосистемы разработан и используется ряд обобщающих показателей, формализующих его на данный отрезок времени – индекс Шредингера (отношение интенсивности дыхания R к интенсивности фотосинтеза), индекс экологического качества воды Jэ (как среднее значение индексов солевого фона Jа, трофосапробиологических характеристик Jв и токсикологических характеристик Jс), индекс видового разнообразия Симпсона и ряд других (Razvitie sovremennoj fiziki, 1964; Emelianov, 1984; Metodyka ekolohichnoi otsinky, 1998; Gryb, 2002; Metodika otsenki..., 2004). Предложена формула для расчета риска перехода состояния водной экосистемы от одного класса к другому (по качеству воды) или ухудшения потребительских характеристик (Metodika otsenki, 2004). Функциональной временной характеристикой состояния экосистемы в первом приближении является биохимическое потребление кислорода (БСК₅, БСК₂₀), насыщение водной среды

растворенным кислородом. Однако, в целом, концепция взрыва в водных экосистемах, переход их на новый трофический уровень достаточно не исследована.

Энциклопедическое трактование взрыва – это мгновенное освобождение находящейся в определенном объеме концентрированной в веществе энергии, сопровождающееся тепловым, весовым, звуковым, объемным эффектом и разрушением находящихся в его зоне материальных (физических, биологических) объектов. Здесь постоянными критериями, как в физическом теле, являются температура и давление. Остальные характеристики – масса вещества, носитель и др. – переменные.

Живая (биокожная) водная среда в отличие от физической имеет коренные отличия. Ими являются: а) иные временные характеристики (в косном веществе время геологическое, в живом – историческое – скорость дообегания, фотопериоды и фитоциклы обновления вида, трофические уровни); б) постоянный перенос значительных масс вещества и энергии через экологические коридоры среды, их биологическое концентрирование в местах стагнации; в) депонирование тепла при фотосинтезе первичного органического вещества (цветение, эвтрофикация, отложение илов, заболачивание); г) специфическое восприятие биотой перепадов температур (тепловой шок), что вызывает гибель некоторых гидробионтов и дает возможность развиваться некоторым видам при граничных температурах (0 °C или более чем +28 °C), пространственно-временные свойства воды – изменение плотности, лед; д) гидравлическая составляющая (фазы гидрологических циклов, влияние гидравлического удара, скорость течения) являются временными метками развития экосистемы или ее гибели; е) точечное влияние – наличие в живых организмах чувствительных систем или органов, воспринимающих «точечные» удары биоцидов, тепла, радиации, вызывающих гибель видов.

До настоящего времени не изучен еще достаточно при биологическом взрыве процесс витаукта – способность живого вещества сохранять высокий уровень адаптации к изменяющимся условиям среды и жизнедеятельность ценозов речного континуума, репродукционные характеристики. Т.е. выживание ценозов тесно связано как с интенсивностью повреждающих факторов, так и мощностью систем реабилитации.

Система реабилитации и восстановления является более ранней, возникшей еще в онтогенезе живого вещества. В ее основу заложена генетическая информация репарации нарушенной ДНК, процесса детоксикации примесей, антигипоксическая система, многоядерность клеток, появление гигантских митохондрий, активация ряда ферментов. Количественными характеристиками витаукта водной среды можно назвать перерабатывающую способность, поглотительную способность биоты, определяемую приемной емкостью, биохимическое потребление кислорода, разбавление, содержание растворенного кислорода, качество воды в створе смешения, видовое разнообразие, биопродуктивность.

Вместе с тем, в совокупности факторов, восстанавливающих равновесие, нарушенное абиотическим или антропогенным воздействием, водная экосистема – это кибернетическая самовосстанавливающаяся система, стремящаяся вернуться в свое исходное состояние. Подтверждением этому является многообразие сукцессий гидробионтов по профилю реки, изменяющееся от сингенетических условий до климатических и локально-катастрофических, вплоть до полной стерилизации водной среды от ихтиофауны (например, под воздействием гликозида сапонина, поступающего со сточными водами сахарных заводов, или суммарного воздействия ксенобиотиков и неблагоприятных условий среды ($R_n + Me^{2+} + 3c_p + pH + pK + t^o + q$)), и в то же время их восстановление через определенные промежутки времени.

Таким образом, взрыв в гидроэкосистеме можно определить как освобождение накопившейся в водной среде избыточной энергии, превышающей емкость среды, сопровождающееся разрушением установившихся климатических сукцессий

гидробионтов, трансформацией косного вещества (воды), резким повышением значений лимитирующих жизнедеятельность биоты одной или нескольких характеристик, гибелью чувствительных видов. Этот процесс лежит в основе эволюции живого вещества, переходов одних видов в другие (Bauer, 1935; Emelianov, 1984; Grib et al., 1993; Romanenko and Gryb, 2004).

В микроэкосистеме на видовом и клеточном уровне – это деградация и гибель чувствительных к примесям (радиационное облучение, ксенобиотики) видов с выживанием более приспособленных и их монотипизацией.

Проявления взрыва в гидрозкосистемах подчиняются следующим положениям:

а) согласно второму закону термодинамики в закрытых живых системах, обменивающихся с окружающей средой лишь энергией, правомерен закон возрастания энтропии (S) (цветение воды в застойных зонах);

б) в открытых проточных системах нарушение гомеостаза или отдельных физически значимых параметров вследствие внешних воздействий (температуры, водности, газового режима) ведет к накоплению энергии и формированию взрыва, сопровождающегося переходом на новый трофический уровень;

в) высшие водные растения и илы – система отвода и депонирования поступающей энергии, проточность, теплоемкость воды являются терморегуляторами водного объекта.

Из термодинамики нам известно, что энтропия физического тела представляет собой энергетическую функцию, которая возрастает при подведении к объекту тепла, причем это возрастание тем меньше, чем выше температура и структурированность (упорядоченность) объекта.

$$\text{Приращение } \Delta S = \int \Delta q / T \text{ дж/кг град (в интервале от } T_1 \text{ до } T_2). \quad (1)$$

Для сложнофункциональных экосистем водной среды нельзя обойтись определенным числом координат, т. е. необходимо учитывать и физические и биологические процессы (фотосинтез, биосинтез, эмиссия, дисперсия, адсорбция, минерализация, дегазация и т.п.), поэтому уравнение нарастания энтропии для водной среды приближенно можно составить в виде:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \dots + \Delta S_n \text{ ккал/ см}^2, \text{ кг}, \quad (2)$$

или через синтезированную биомассу ценозов

$$\Delta S^1 = \Delta B_1 + \Delta B_2 + \Delta B_3 + \Delta B_4 + \Delta B_5 + \dots + \Delta B_n \text{ ккал/см}^2, \text{ дм}^3, \text{ кг}, \quad (3)$$

где $\Delta S_1 \approx B$, расходование тепла на фотосинтез и депонирование его в первичном органическом веществе; $\Delta S_2 \approx$ расходование тепла на приращение массы гидробионтов водного континуума; $\Delta S_3 \approx$ расходование тепла на создание оптимальных температурных условий водной среды; $\Delta S_4 \approx$ депонирование тепла (детрит); $\Delta S_5 \approx$ вынос тепла с водой.

Согласно второму закону термодинамики, способность физической системы к свершению внешней работы с течением времени падает, т.е. свободная энергия с течением времени может только уменьшаться.

Если учесть свойства живого вещества, то его свободная энергия в биосфере неуклонно возрастает, потому возникает необходимость осознанного управления этим процессом для предупреждения взрыва.

В. И. Вернадский, используя законы термодинамики живого вещества, показал, что биосфера относится к классу неравновесных многофакторных систем, не подчиняющихся закону равновесия физических систем В. Гиббса (в термодинамических равновесных системах принимаются в качестве параметров только температура и давление (Vernadskij, 1978; Gryb, 2001). «Отклонение такого основного явления, каким является живое вещество в его воздействии на биосферу, от принципа Карно, – писал В. И. Вернадский, – указывает, что жизнь не укладывается в посылки, в которых энтропия установлена» (Vernadskij, 1977).

Биологическая система поддерживает свою «устойчивость неравности», «работая» против энтропии окружающей среды (Bauer, 1935).

Проявления гидроэкологических взрывов (ГЭВ) следует ожидать на границе максимальных и минимальных значений ПДК и условий среды. При этом уровень воздействия будет определяться периодом воздействия, масштабом воздействия и уровнем организации живой материи (активация, ингибирование, метаморфизация, гибель).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований были речные экосистемы правобережных притоков р. Припять – р. Горынь и р. Стырь в период формирования кризисных ситуаций природного и антропогенного происхождения, а также русловое Хренниковское водохранилище (р. Стырь) при его повторном заполнении после многолетнего эвтрофирования в сработанном режиме.

Река Горынь (правый приток р. Припять) – длина 659 км, площадь водосбора 27700 км². Расположена на Волыно-Подольской возвышенности (до впадения р. Устье) и Полесской низменности (нижнее течение). Распаханность прилегающих территорий – 50,0 %, лесистость 18,0 %, залуженность 8,0 %. В бассейне реки расположено четыре свеклосахарных завода, одна АЭС. Кризисные ситуации с гибелью ихтиофауны возникают периодически.

Река Стырь (правый приток р. Припять) – длина 434 км, площадь водосбора – 13 000 км². Протекает по Волыно-Подольской возвышенности и ее отрогам (Волинское Полесье), нижнее течение расположено в Припятском Полесье. Распаханность – около 50,0 %, лесистость – 22,0 %, залуженность – 8,0 %. В бассейне расположено три свеклосахарных завода, одна АЭС. Кризисные ситуации с гибелью речной ихтиофауны, как и в р. Горынь, возникают периодически.

Хренниковское водохранилище расположено в верхнем течении р. Стырь, площадь – 2000 га, в бассейне расположен один свеклосахарный завод, животноводческие фермы, населенные пункты. Использование водохранилища комплексное: для выработки электроэнергии, рекреации, промыслового рыболовства, как источник водоснабжения АЭС. Кризисные ситуации антропогенного происхождения от сбросов сточных вод сахарного завода и при повторном заполнении ложа водохранилища после его вынужденного спуска в 1990 г.

Понятие риска как возможность возникновения кризисной ситуации взрыва и отклонения от регламентируемых характеристик качества среды, является величиной вероятностно-статистической [10]. Однако она может быть оценена и по фактическим данным мониторинга гидроэкологического режима.

Вероятность формирования взрыва определяли расчетом уровня экологического риска по уравнению

$$R = R_{\text{пот.ав.}} + R_{\text{сущ.}} + R_{\text{проект.}}, \quad (4)$$

где $R_{\text{пот.ав.}}$ – риск от потенциальной возможности возникновения кризисной (аварийной) ситуации природного или антропогенного происхождения.

$$R_{\text{пот.ав.}} = N_{\text{ос}} \cdot R_{\text{а}}, \quad (5)$$

где $N_{\text{ос}}$ – количество нарушений гидроэкологического режима за период наблюдений или количество неэффективно работающих очистных сооружений, удельный вес к общему количеству исследованных; $R_{\text{а}}$ – вероятность аварий на очистных сооружениях.

Пример: Из 100 наблюдений было 12 случаев превышения ПДК по примесям, следовательно $R_{\text{пот.ав.}} = 0,12 \times 100,0 = 12 \%$.

Существующий риск ($R_{\text{сущ.}}$) оценивается по эффективности работы очистных сооружений. Как правило, она составляет 75,0 %, а оставшиеся 25,0 % примесей представляют угрозу водной среде, т. е. $R_{\text{сущ.}} = 25,0 \%$.

Проектный риск связан с нестыковками в технологической цепи, например, снижение расходов воды в реке ниже минимальных 95,0 % обеспеченности, что ухудшает условия разбавления в точке смешения, тогда $R_{\text{проект.}} = 5,0 \%$.

В целом степень риска загрязнения водной среды в изучаемых правобережных притоках р. Припять при существующем уровне эксплуатации очистных сооружений соответствует: $R = 12,0 \% + 25,0 \% + 5,0 \% = 42,0 \%$.

Таким образом, при существующем уровне охраны водной среды ведение рыбного хозяйства на исследуемом участке речной сети является рискованным, и если при вышеозначенных входных параметрах добавить превышение любых компонентов экосистемы, например, поступление органических примесей массой выше перерабатывающей способности реки, то степень риска возникновения кризисных ситуаций соответственно возрастает. Возрастает также цена влияния микропримесей, которые могут нарушить нестойкое равновесие экосистемы.

В математическом анализе уровень риска изменения состояния водной экосистемы оценивается по степени нежелательности « d_i » изменения i -того типа исследуемой характеристики (С, N, Р... В), или по интегральной оценке нежелательности состояния экосистемы «D», изменяемой от 0 до 1,0 (Metodika otsenki, 2004) (табл. 1).

Таблица 1

Количественная и качественная оценка степени нежелательности экологического риска

Класс качества воды	Значения показателей нежелательности « d_i » или «D»	Уровни трансформации	Градация нежелательности состояния по Харрингтону	Качественная оценка степени нежелательности экологического риска
I	$\frac{0,00 - 0,20}{0,01 - 0,03}$	1 – 3	Очень хорошо	Риск практически незначителен
II	$\frac{0,20 - 0,37}{0,03 - 0,08}$	3 – 8	Хорошо	Малозначимый риск
III	$\frac{0,37 - 0,63}{0,08 - 0,21}$	8 – 21	Удовлетворительно	Среднезначимый риск
IV	$\frac{0,63 - 0,80}{0,21 - 0,55}$	21 – 55	Плохо	Нежелательный риск
V	$\frac{0,80 - 1,00}{0,55 - 1,00}$	55 -100	Очень плохо	Крайне нежелательный риск, коллапс чувствительных экосистем

Однако попытки математизации биологических процессов связаны с многими допущениями и не всегда соответствуют их течению (Razvitie sovremennoj fiziki, 1964).

Нами в экологических исследованиях ранее (Metodyka ekolohichnoi otsinky, 1998; Gryb, 2002) было принято определять уровень риска по значениям экологического индекса – факторного (Ja, Jв, Jс) или комплексного (Jэ), определяющих переход экосистемы в высший неблагоприятный класс, базирующийся на 50 снимаемых характеристиках. Соответственно этому приводятся значения показателей степени нежелательности «d_i», предложенные Афанасьевым С. А. и Гродзинским М. Д. и нами. Практически, на уровне первых трех классов, они отличаются на целый порядок. Это говорит о значительных допущениях в оценках, что признают и сами авторы. Кроме того, следует учитывать также явления «потенциального благополучия экосистемы», когда при малых концентрациях примесей класс качества воды даже ухудшается, однако это внешнее восприятие, т.к. система находится в фазе депонирования примесей и адаптации к ним гидробионтов.

Риск цветения воды от фотосинтеза микроводорослей при достижении температурного оптимума рассчитывали по уравнению Кларка-Свердрупа и сумме положительных температур.

Отношение стехиометрических коэффициентов C : N : P в уравнении составляет 106 : 16 : 1, т.е. для вод I класса при содержании 0,05 мг P/л для полной утилизации фосфора необходимо 0,72 мг N и 4, 77 мг C, что теоретически может дать 5,5 мг фитопланктона (фактически для таких вод биомасса фитопланктона составляет около 50,0 % теоретически возможной). Поступление значительных энергетических дотаций фосфора минерального из донных отложений позволяет утилизировать один из двух других компонентов «триады», накопить фитомассу («цветение» при 8,0–10,0 мг ФП/л и более) и представить энергетическую угрозу по течению реки. Тогда риск «цветения» составит:

$$R_{цв.} = V_{фп. факт.} / V_{фп. опт. (норм.)} \quad (6)$$

Риск возникновения аноксии и замора ихтиофауны от окисления избыточного вещества (фитомасса водно-болотной растительности, масса донных илов) и темнового фотосинтеза ВВР составит:

$$R_{анокс.} = \text{сумма } KL / M_{O_2 \text{ резервн.}} = (QKL + K^1 V) / (M_{O_2 \text{ факт.}} - M_{O_2 \text{ норм.}}) \leq 1,0,$$

где L – БПКполн. речной воды мг/ O₂ л (функция витаукта водной среды); M_{O₂} резервн. – масса растворенного кислорода, которая может быть отдана на окисление РОВ без нарушения кислородного режима (функция витаукта водной среды); M_{O₂} норм. – нормируемое минимально допустимое содержание в воде растворенного кислорода, принято 4,0 мг/ O₂ л; Q – расход речных вод, м³/сут.; или объем накопившейся в водохранилище воды, м³; K – коэффициент потребления растворенного кислорода, принят для наихудших условий на уровне 0,2; K¹ – коэффициент интенсивности потребления кислорода фитомассой в темноте, составляет 8,0 г/ O₂ м³ с; V – биомасса макрофитов, т.

Риск превышения перерабатывающей способности речного русла (ПС – функция витаукта) и превращения его в гидроканал рассчитывали по формуле:

$$PS_{опт.} = Q_1 C_1 - Q_2 C_2 / \tau \leq Q C_i \text{ норм.},$$

$$\text{при } Q_1 = Q_2 \quad PS_{опт.} = C_1 - C_2 / \tau \leq Q C_i \text{ норм.}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ГЭВ формируется как результат многофакторного внешнего воздействия (природного и антропогенного) на водный объект в определенный отрезок времени. При этом его уровень при сбросе сточных вод зависит от массы поступаемых перерабатываемых примесей и перерабатывающей способности водоема, а также от массы сброшенных биоцидов и возможности водотока к их разбавлению и утилизации (табл. 2, 3) до нетоксичных концентраций (< 1 : 1 000 000).

Очевидно, что в случаях со сбросом сточных вод сахарных заводов определяющим будет гемолитическое действие сапонина и невозможность связывания растворенного кислорода рыбами, их гибель. Потребление РК на окисление примесей

понижает уровень кислорода на расстоянии 300 км, что равно 10-суточному добеганию воды от створа загрязнения к створу восстановления. При этом следует учитывать затруднение реэрации из-за наличия толстого ледяного покрова.

Таблица 2

Формирование гидроэкологических взрывов в исследуемых водных макроэкосистемах

Исследуемые характеристики	Река Горынь	Хренниковское русловое водохранилище (р. Стырь) после повторного заполнения, 1998 г.	Река Стырь, авария, сброс стоков Гороховского сахарного завода, 1974 г.
1. Перерабатывающая способность (снижение)			
- по органическому веществу	3,6	3,8	2,0 (только РОВ без накопления фитомассы)
- по механическим примесям	2,5	2,0	1,0
- по токсическим примесям	6,0	10,0	отсутствие (кроме микотоксинов от разложения органического вещества)
2. Энтропия	12,0	14,8	26,0 (органическое и взвешенное вещество)
3. Риск возникновения гидроэко-логического взрыва из-за превышения экологических нормативов качества воды (по отношению ко II классу)	18,0	11,0	18,0
4. Риск возникновения заморозов от дефицита растворенного кислорода (из-за превышения допустимых значений)	50,0 %	60,0 %	50,0 %
5. Класс качества воды по экологическим индексам Jэ	V класс, Jэ = 55,0	V класс, Jэ = 34,0	V класс, Jэ = 55,0
6. Параметры и границы поражения водной среды	350,0 км по течению	2000,0 га	400,0 км ниже по течению до р. Припять
7. Экологический ущерб	2,5 млн.грн.	1,0 млн.грн.	2,5 млн.грн.

Формирование ГЭВ на русловом Хренниковском водохранилище (р. Стырь) происходило в летний период из-за неподготовленности ложа перед его заполнением, накопления биомассы органического вещества за период заболачивания мелководий в приспущенном режиме и высокой температуры воды (табл. 2), что способствовало низкой абсолютной концентрации растворенного кислорода при 100,0 % насыщении и интенсивному его потреблению и в дневное время и в период темнового фотосинтеза.

Типизация взрывов в гидросистемах

Характерный тип	Признаки	Последствия
1	2	3
1. Макроэкосистема речных бассейнов		
А. Острый взрыв		
1) Физический. Гидравлический удар при формировании паводковой волны, горные реки.	Формирование гидравлической ударной волны. При возрастании скорости потока в арифметической прогрессии сила гидравлического удара возрастает в геометрической.	Разрушение русловых платин, мостов, берегов рек. Пульсирующий гидравлический режим и очистка русел от ила, формирование специфической сукцессии гидробионтов
2) Тепловой. Температурный шок при резком перепаде температуры воды на 10 °С	Возрастание скорости обменных реакций в 2–3 раза при возрастании температуры воды на 10 °С (закон Вант-Гоффа)	Гибель гидробионтов в результате ослабления или хронической интоксикации
3) Комбинированное действие гидрологических и метеорологических факторов под влиянием 11-летних циклов солнечной активности и «парникового» эффекта	Суровые или теплые зимы, снижение расходов воды в реках, аридизация климата, нарушение газового режима водной среды	Гибель чувствительных видов, перестройка ценозов речного континуума
4) Биологический взрыв на базе внешних энергетических дотаций и достижения необходимых сумм положительных температур	Эвтрофикация, цветение воды, заростание высшей водной растительностью водного зеркала	Явление аноксии, гибель чувствительных видов
5) Токсикологический. Массовое отравление ксенобиотиками (сапонин, тяжелые металлы, пестициды)	Поднятие рыб к поверхности, захватывание воздуха, сплавление с течением, положительный реотаксис	Массовая гибель рыб, деградация водной среды, формирование новой структуры ценозов
6) Радиационногенный. Радиационное облучение Cs-134, Cs-137, Sr-90	Гибель чувствительных высокоорганизованных видов, монотипизация стойких к облучению видов	Перестройка структуры гидробиоценозов, изменение интенсивности роста или монотипизация
7) Агро- и геогенный. Засоление поверхностных вод, загрязнение грунтового стока минеральными удобрениями	Формирование солончаков на заболоченных участках, рост минерализации поверхностных и грунтовых вод	Перестройка состава макрофитов и ихтиофауны
Б. Пролонгированный взрыв		
1) Хроническое токсическое воздействие или радиационное облучение гидробионтов малыми дозами урана-238, цезия-134, стронция-90	Хромосомные aberrации, искривление позвоночника у рыб, изменение окраски внешних покровов, побледнение жаберных крышек, эрозия жаберных лепестков	Монотипизация видов, изменение биопродуктивности (повышение или понижение)

1	2	3
2) Космогенный. Изменение продукционно-деструкционных процессов вследствие «парникового» эффекта, закисления атмосферных осадков	Интенсификация старения озер, наводнения, засухи, повышение среднегодовой температуры, явления карста, формирование оползней, проседание почв, поднятие уровня грунтовых вод, засоление	Снижение биопродуктивности, изменение видового состава ценозов, перестройка макроэкосистем речных бассейнов
3) Осушительно-увлажнительный гидромелиоративногенный взрыв	Подтопление, вторичное заболачивание, засоление; землетрясения в зоне тепловой разгрузки земли, переход речных систем в озерно-речные или озерно-прудовые	Взорвана воспроизводственная база аборигенной ихтиофауны, нарушена цикличность гидрологических фаз; канализирование (спрямление) русел рек
2. Микроэкосистема (видовой и клеточный уровень)		
А. Острый взрыв		
1) Токсикогенный	Накопление биоцидов, убивающих клетку или нарушающих митоз, мейоз	Нарушения на уровне РНК и ДНК, вероятность образования опухолей, нарушение воспроизводства
2) Радиационногенный	Хромосомные aberrации, прекращение деления клетки или нарушения процесса деления	Развитие приспособлений к новым условиям простейших организмов, накопление в клетках простейших радикалов H^+ , CH_3^+ , $C_6H_6^+$ и др., имеющих неспаренные электроны
Б. Пролонгированный		
1) Хроническая интоксикация биоцидами или радиационное воздействие малыми дозами*	Фазовые превращения клетки: от буферизации до депонирования примесей и интеграции их в обменные процессы, деградация клетки и ее деструктивные изменения	Рыбы уходят на чистую воду, поднимаются к поверхности. Наблюдаются аномалии развития от искривления позвоночника до лимфосарком

Примечание:* Структурные повреждения клетки и ее гибель могут проявляться у некоторых дискретных микрообъектов в результате радиационного облучения порядка 10 гр/кг и при повышении температуры тела лишь на 0,001 °С (теория мишени Ф. Десауера).

** Гидроэкологический взрыв может наблюдаться как на отдельном участке реки или акватории озера, так и захватывать весь водный объект полностью.

Во всех рассматриваемых случаях восстановлению экосистемы способствовало сохранение «очагов жизни» в притоках первого порядка – локальных рыбовоспроизводственных участках, и вся экосистема эволюционировала от равновесной к неравновесной с дальнейшей перестройкой после экологического взрыва и переходом на новый трофический уровень. То есть гидроэкологический взрыв можно рассматривать как логический ход развития живого вещества в абиотических условиях среды, завершающийся скачком с формированием нового видового состава ценозов и новой биопродуктивности.

ПОСЛЕДСТВИЯ

Большой взрыв во Вселенной миллиарды лет назад привел к формированию планет и возникновению жизни. Малые взрывы при падении комет и астероидов

ведут на планетах к замене одних форм жизни другими, более адаптированными к новым условиям (похолоданию, повышению радиации, возрастанию темного периода и др.)

Буферная емкость водной среды из-за переосвоения и антропоической трансформации геобиоценозов речных бассейнов снижена, что ведет к ослаблению стойкости жизни. Особенно это относится к южным промышленным регионам Украины, находящимся в аридной зоне, что еще более актуально в условиях повышения среднегодовой температуры из-за парникового эффекта, а также к Полесью (Западному, Центральному и Черниговскому), подвергнутому масштабному осушению в 60–80-е годы, которое способствовало деградации торфяников и фитостромы.

Наложение западного следа выбросов от аварии на ЧАЭС на эти территории создало условия пролонгированного гидроэкологического взрыва с интенсивными процессами старения водных объектов, особенно озер, изменением видового состава ихтиофауны и возникновением новообразований на организменном уровне.

В создавшихся условиях для существования человека и природной среды необходимо усилить витаукт, т.е. буферную стойкость и емкость водной среды, биопродуктивность с одной стороны и взвешенное использование депонированной энергии – с другой. Это обеспечит восстановление функционирования экосистем «русло-пойма», «русло реки-озеро», снижение энергетической нагрузки на водную среду.

Возможно ли остановить формирование экологических взрывов? Система их образования многофункциональна, детерминирована, инертна. Гибнут чувствительные виды, формируются побочные процессы. Восстановление водной экосистемы после взрыва возможно лишь после ликвидации лимитирующего фактора, но экосистема войдет в равновесие с иными характеристиками и другим составом ценозов. Значительную средоформирующую роль на Полесье играют болотные и озерно-болотные массивы, локально заболоченные территории, эстуарии рек и водохранилища, гидроэкологические коридоры среды и леса. Особенно возрастает роль лесных массивов для юга Украины в условиях аридизации климата как стабилизаторов среды, участвующих в формировании речного стока.

Актуальна проблема сохранения «очагов выживания» и «очагов жизни» в условиях природных катаклизмов (радиация, затопление, подтопление, геологические процессы, инфекции). В речных системах – это локальные воспроизводственные участки, истоки рек, зеленые коридоры среды, заповедные бассейны малых рек.

Гидроэкологические взрывы природного происхождения нельзя считать патологией – это скачкообразный процесс естественного видового отбора биоты. Другое дело, если они антропогенного происхождения и если по масштабности такое влияние равно геологическому фактору.

Гидроэкологические взрывы можно рассматривать как проявление экологических войн, которые осознанно или неосознанно человеческое общество ведет против себя и себе подобных в речных бассейнах, поэтому предупреждение возрастания энтропии в водной среде и предупреждение гидроэкологических взрывов является вопросом выживания человека. При этом человек – не конечное звено в развитии живой материи, она может развиваться и без него, так как материя вечна, а формы ее существования различны.

ВЫВОДЫ

1. Возникновение гидроэкологического взрыва – это превышение витаукта (буферной емкости экосистемы) хотя бы одной из характеристик в определенном историческом отрезке времени природного или антропогенного происхождения.
2. Сопrotивление водной экосистемы гибели ее отдельных подсистем или видов базируется на приспособленности (пластичности) биоты к изменяющимся

условиям среды (min-max), а гарантией их сохранения является множественность экотонів, в том числе «очагов жизни» в трансформированных хозяйственной деятельностью речных бассейнах.

3. Уровень трансформации гидроэкологических характеристик и угроза биоте подчиняется математическому ряду чисел Фибоначчи для биологических процессов : 1 (1), 2, (3), 5, (8), 13, (21), 34, (55), при этом переход качества среды от одного класса к другому не определяет гибель экосистемы, а ее «зрелость», формируемую через «уход» из новых условий более чувствительных видов и занятие освободившихся ниш более приспособленными видами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bauer, E. S., 1935.** Teoreticheskaia biologiiia [Theoretical Biology]. Moscow (in Russian).
- Bykovskij, V. I., 1988.** Zapasanie solnechnoj energii zarosliami trostnika i rogoza [Storage of solar energy reed and cattail]. *Gidrobiol. Journal.* 24(5), 34–41 (in Russian).
- Emelianov, I. G., 1984.** O poniatii “emkosti sredy” [On the concept of "carrying capacity"]. *Biocenological study in Ukraine.* Lviv. 9–11 (in Russian).
- Eshbi, U., 1959.** Vvedenie v kibernetiku [Introduction to Cybernetics]. Moscow (in Russian).
- Grib, I. V., Lavrik, V. I., Merezko, A. I., Iakubovskij, K. B., 1993.** Bufernost vodnykh ekosistem v usloviakh rasshireniia khoziajstvennoj deiatelnosti [Buffering aquatic ecosystems in terms of expansion of economic activity]. *Gidrobiol. Journal.* 29(5), 3–16 (in Russian).
- Gryb, I. V., 2001.** Pryrodni lokalni rybovidtvoaryvalni dilianky na richkovij merezhi rivnynnoi chastyny terytorii Ukrainy [Restoration of fish local natural areas on the plains of the river network in Ukraine]. *Reports of NAS of Ukraine.* 37(2), 44–57 (in Ukrainian).
- Gryb, I. V., 2002.** Ekologichna otsinka stanu ecosystem richkovykh basejniv rivnynnoi chastyny terytorii Ukrainy (okhorona, vidnovlennia, upravlinnia) [Environmental assessment of ecosystems of river basins of plain part of Ukraine's territory (protection, restoration, management)]. Author. of thesis ... Doctor of Biological Sciences. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Metodika otsenki ekonomicheskikh riskov, vznikayushchikh pri vozdeystvii istichnikov zagriazneniia na vodnye obekty, 2004. [Methods of assessing economic risks arising from exposure to sources of pollution on water objectives]. Afanasiev, S. A., Grodzinskiy, M. D. Kyiv (in Russian).
- Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhevykh vod za vidpovidnymy kryteriiamy, 1998 [Methods environmental assessment of surface water quality according to criteria]. Romanenko, V. D., Zhukynskyy, V. M., Oksiyuk, O. P. et al. Symbol-1, Kyiv (in Ukrainian).
- Odum, Yu., 1975.** Osnovy ekologii [Fundamentals of Ecology]. Mir, New York (in Russian).
- Protasov, A. A., 1994.** O kontseptsii emkosti sredy i ekologicheskoy emkosti [On the concept of carrying capacity and environmental capacity]. *Gidrobiol. Journal.* 4, 3–13 (in Russian).
- Razvitie sovremennoj fiziki, 1964. [Development of modern physics]. Nauka, Moscow. 188–222 (in Russian).
- Romanenko, V. D., Grib, I. V., Grodzinskiy, M. D., 2003.** Kontseptualnye podkhody pri formirovanii gidroekologicheskikh koridorov [Conceptual approaches in the formation of hydro-ecological corridors]. *Gidrobiol. Journal.* 2003. 5, 3–18 (in Russian).
- Romanenko, V. D., Gryb, I. V., 2004.** Mali richky Polissia yak hidroekolohichni korydory v systemi ekomerezhi Ukrainy [Small rivers of Polesye as surveying the river corridors in the system of ecological network of Ukraine]. *Reports of NAS of Ukraine.* 8, 186–193 (in Ukrainian).
- Vernadskij, V. I., 1977.** Razmyshleniia naturalista [Reflections of a Naturalist]. Nauka, Moscow. 5–191 (in Russian).
- Vernadskij, V. I., 1978.** Zhivoe veshchestvo [Living matter]. Nauka, Moscow (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію: 06.02.2013

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. В. В. Никифоров