

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ РЕЗЕРВУАРОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ К ТЕХНОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Россия – крупнейшее государство в мире – обладает одними из крупнейших в мире запасами пресной воды. Озеро Байкал является самым древним, глубоким и крупным пресноводным водоемом Земли и, как источник воды будущего человечества, является громадным мировым потенциалом, в том числе для России. Статья 9 Конституции Российской Федерации гласит: «Земля и другие природные ресурсы используются и сохраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории». Экологическая безопасность, как основное звено национальной безопасности, является одним из аспектов устойчивого развития современного общества.

Ключевые слова: национальная безопасность, экологическая безопасность, устойчивость экосистемы резервуаров, озеро Байкал, техногенное загрязнение.

O.Yu. Palkin,
O.Yu. Astrakhantseva

THE STUDY OF THE STABILITY OF ECOSYSTEMS, RESERVOIRS OF LAKE BAIKAL TO TECHNOGENIC POLLUTION

Russia is the largest country in the world and has one of the largest freshwater reserves in the world. Lake Baikal is the oldest, deepest, and largest freshwater body on Earth, and as a source of water for the future of humanity, it has enormous global potential, including for Russia. The ninth article of the Constitution of the Russian Federation states: «Land and other natural resources are used and preserved in the Russian Federation as the basis of the life and activities of the peoples living in the relevant territory». Environmental safety, as the main link of national security, is one of the aspects of the sustainable development of modern society. It is one of the aspects of the sustainable development of modern society.

Keywords: national security, environmental safety, stability of the reservoir ecosystem, Lake Baikal, man-made pollution.

На сегодняшний день в отношении оз. Байкал существуют следующие экологические проблемы:

- «дикий» туризм, обуславливающий попадание сточных вод непосредственно в озеро;
- отсутствие современных очистных сооружений для переработки жидких отходов от частных домов, гостиниц и предприятий на всем побережье озе-

ра, что приводит к прямому загрязнению прибрежных вод озера бытовыми и промышленными отходами;

– систематические выбросы с водных судов, что приводит к загрязнению поверхностных и глубинных вод открытого Байкала;

– токсичные отходы, оставленные Байкальским ЦБК после прекращения его существования.

Как следствие всего перечисленного – главный фактор загрязнения – бурная эвтрофикация вод оз. Байкал – массовое развитие фито- и бактериопланктона, особенно сине-зеленых водорослей, вызывающих цветение воды и резкое ухудшение ее качества.

Возникают вопросы: какова степень угрозы для вод резервуаров оз. Байкал и всей его экосистемы от каждого химического элемента и органического вещества, поступающего с техногенными стоками в озеро? Какие именно химические элементы и органические вещества, поступающие в воды озера с техногенными и бытовыми стоками, вызывают столь бурную эвтрофикацию вещества вод озера Байкал, резко ухудшающую их качество? Неужели на одном из чистейших озер в мире с уникальной природой и красивейшими ландшафтами нельзя предотвратить серьезную экологическую катастрофу?

Со времен Просвещения укрепилась уверенность, что существование объективных истин определяется при помощи науки и рационального мышления.

Цель данной работы – исследовать устойчивость экосистем Южного, Селенгинского, Среднего, Ушканьеостровского и Северного резервуаров при попадании химических элементов и органического вещества в оз. Байкал с техногенным стоком. Выбрать стратегию правового регулирования относительно химических элементов и органического вещества, попадание которых с техногенными стоками в резервуары оз. Байкал несет угрозу экологической, и, следовательно, национальной безопасности России.

Для достижения поставленной цели решены задачи:

1. В акватории вод оз. Байкал выделены зоны естественных физико-химических равновесий – пространственно локализованные зоны (резервуары) со стабильными физико-химическими параметрами (находящимися в равновесии с таковыми же параметрами окружающей среды) в масштабе исторического времени [8; 13].

2. Рассчитаны среднесуточные содержания компонентов: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al , Si , Mn^{2+} , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , H^+ , O_2 , As , B , Cr , Cu , Cd , Hg , Pb , Sr , Zn , Co , U , V , Br , Rb , Mo , $\text{C}_{\text{орг}}$, $\text{N}_{\text{орг}}$, $\text{P}_{\text{орг}}$, $\text{S}_{\text{орг}}$, CO_2 , Ti в мг/л, % в водах, донных отложениях резервуаров оз. Байкал и химических потоках природной составляющей окружающей среды, впадающих в резервуары озера и вытекающих из них (реки, взвесь рек, дождь и снег, аэрозоль, подземные воды, минеральные воды, приток озерных вод из других резервуаров озера, поток из донных отложений, поток в донные отложения, сток озерных вод в другие резервуары озера и в р. Ангару) [1; 11].

3. Рассчитаны химические балансы всех резервуаров и потоков мегасистемы «вещество вод оз. Байкал – вещество потоков природной составляющей окружающей среды» [19–21; 2; 5]; установлены пути миграции и места аккумуля-

ляции компонентов, поступающих в озеро с внешней и внутренней нагрузками [6; 7; 9; 10].

4. В выделенных зонах через внутренние физико-химические параметры рассчитаны формы нахождения компонентов и характер геохимической среды (рН, Eh, минерализация) [3; 4; 7; 12].

В веществе вод оз. Байкал выделены зоны с различающимися физико-химическими условиями формирования вещества, обладающие индивидуальными постоянными тепловыми, химическими и силовыми балансовыми характеристиками по обмену массовым и безмассовым веществом с веществом окружающей среды и, соответственно, сохраняющие в масштабе исторического времени свои физико-химические характеристики постоянными – резервуары Южный, Селенгинский, Средний, Ушканьеостровский Северный (рис. 1) [8; 13].

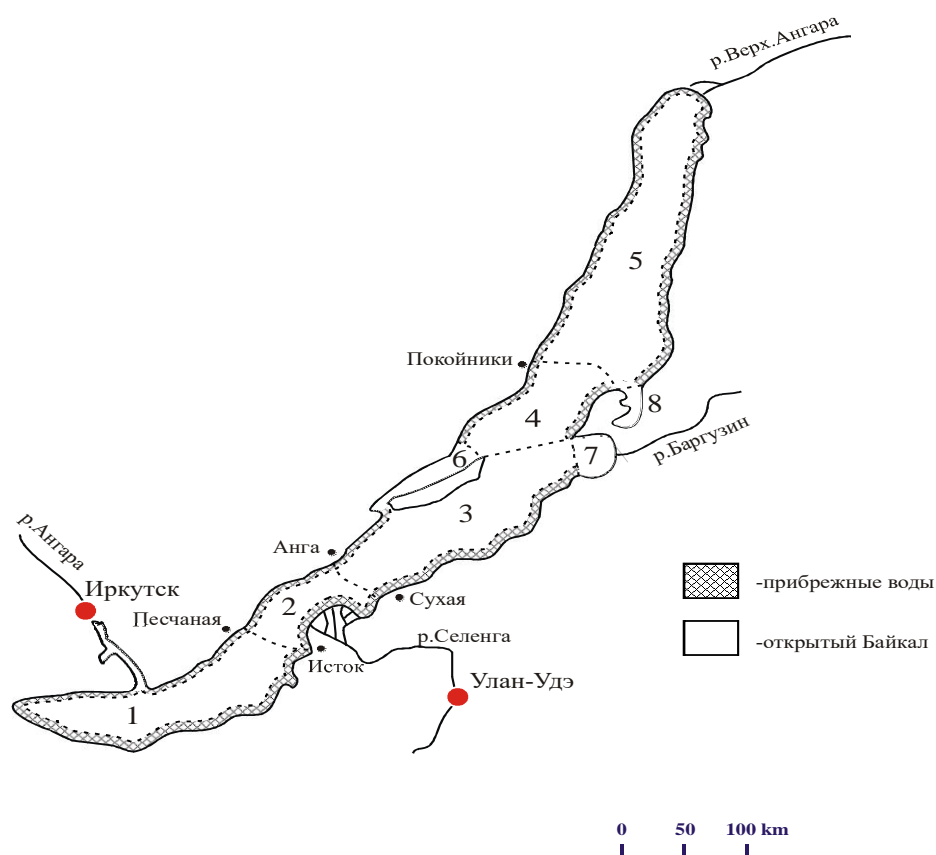


Рис. 1. Схема зональности геохимических состояний вещества вод оз. Байкал:

1 – Южный резервуар; 2 – Селенгинский резервуар; 3 – Средний резервуар; 4 – Ушканьеостровский резервуар; 5 – Северный резервуар (резервуары 1–5 разделены на прибрежные воды и открытый Байкал); 6 – Малое Море; 7 – Баргузинский залив; 8 – Чивыркуйский залив

Использованы методы изучения макросистем: структурно-функциональный метод и метод балансовых расчетов. Анализ отношений взаимодействия растворенных и взвешенных компонентов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al, Si, Mn^{2+} , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl⁻, NO_3^- , PO_4^{3-} , H^+ , O_2 , As, B, Cr, Cu, Cd, Hg, Pb, Sr, Zn, Co, U, V, Br, Rb, Mo, $\text{C}_{\text{орг}}$, $\text{N}_{\text{орг}}$, $\text{P}_{\text{орг}}$, $\text{S}_{\text{орг}}$, CO_2 , Ti) вод резервуаров оз. Байкал и таковых же компонентов потоков (реки, взвесь рек, дождь+снег, аэрозоль, подземные воды, минеральные воды, приток озерных вод из других резервуаров озера, поток из донных отложений, поток в донные отложения, сток озерных вод в другие резервуары

озера и в реку Ангару) раскрывает содержание законов их взаимодействия. Изучены пути миграции и места аккумуляции компонентов, поступающих с потоками химических компонентов и органического вещества природной составляющей окружающей среды в резервуары оз. Байкал [6; 7; 9; 10].

Для каждого резервуара установлены компоненты, составляющие аккумулярованное вещество, а также захоранивающиеся в донных отложениях при избирательной утилизации вещества в резервуаре. Установлено, для каких компонентов резервуары проточны, а для каких являются биогеохимическими барьерами. Определенные в своих границах по физико-химическим параметрам, резервуары оз. Байкал обладают целостностью в отношении своих функций. Сходство функций резервуаров заключается в следующем: из поступивших в резервуары с химическими потоками природной составляющей окружающей среды компоненты HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , B , Mo , Hg , Sr , $\text{C}_{\text{орг}}$, $\text{N}_{\text{орг}}$, $\text{S}_{\text{орг}}$, в виде растворенных ионов, транзитом проходят в другие резервуары и реку Ангару, а часть катионов основных компонентов, биогенные элементы, часть органического вещества, целая группа микроэлементов связываются (вступают в реакции комплексообразования) и остаются (аккумулируются) в резервуарах (захораниваются или вступают в химический круговорот). Различие функций резервуаров заключается в том, как расходуются аккумулярованные в них компоненты: в Селенгинском резервуаре они захораниваются, в остальных небольшая их часть захоранивается, а большая часть вступает в химический круговорот (рис. 2–4).

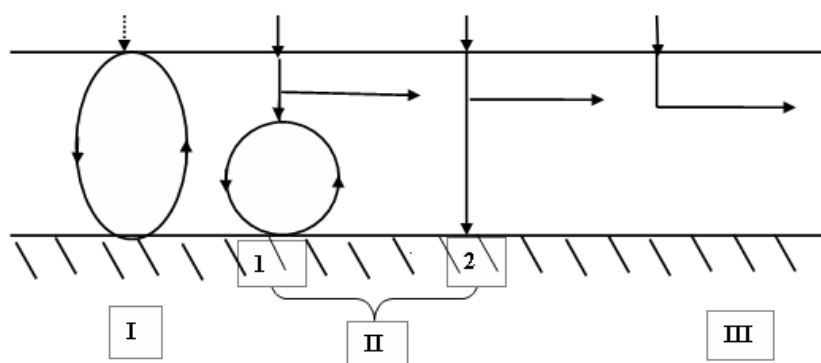


Рис. 2. Пространственная миграция компонентов в водах Южного, Среднего, Ушканьеостровского резервуаров:

I – слабо-подвижные компоненты, находятся в твердой и растворенной формах, передвижение «вниз – вверх» в пределах резервуара, накапливаются в донных отложениях и в водах, участвуют в химических круговоротах; II – умеренно подвижные, находятся в твердой и растворенной формах, частично выносятся со стоком озерных вод из резервуара (частичная горизонтальная миграция), частично накапливаются: 1 – в донных отложениях и в водах, участвуют в химических круговоротах (передвижение «вниз – вверх»), 2 – в донных отложениях (миграция на дно и захоронение); III – легкоподвижные, в резервуаре находятся в растворенной форме, выносятся со стоком озерных вод из резервуара, горизонтальная миграция

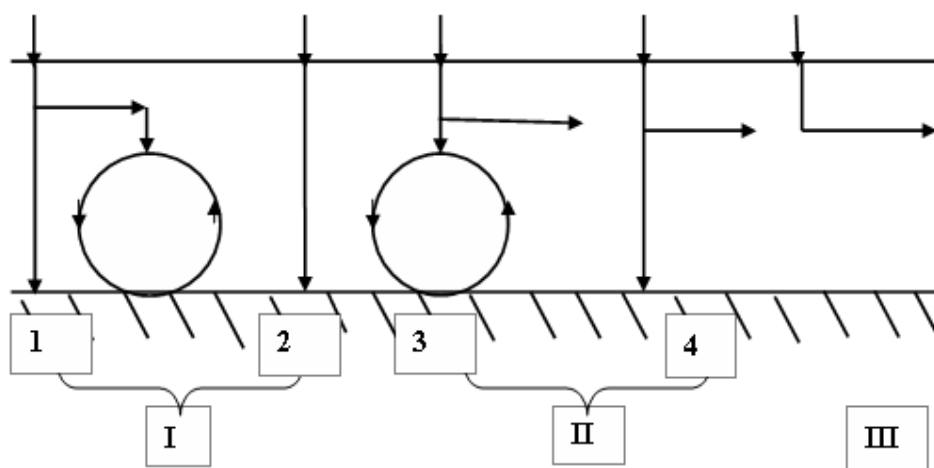


Рис. 3. Пространственная миграция компонентов в водах Селенгинского резервуара:

I – слабоподвижные компоненты, находящиеся в водах резервуара в основном в виде взвеси, накапливаются: 1 – в донных отложениях и в водах, часть вещества переходит из твердой фазы в раствор (находится в водах резервуара в виде взвеси и в виде растворенного вещества) и участвует в химических круговоротах; 2 – в донных отложениях; II – умеренно подвижные, находятся в твердой и растворенной формах, частично выносятся со стоком озерных вод из резервуара, частично накапливаются: 3 – в водах и донных отложениях, участвуют в химических круговоротах; 4 – в донных отложениях; III – легкоподвижные выносятся со стоком озерных вод из резервуара, в резервуаре находятся в растворенной форме

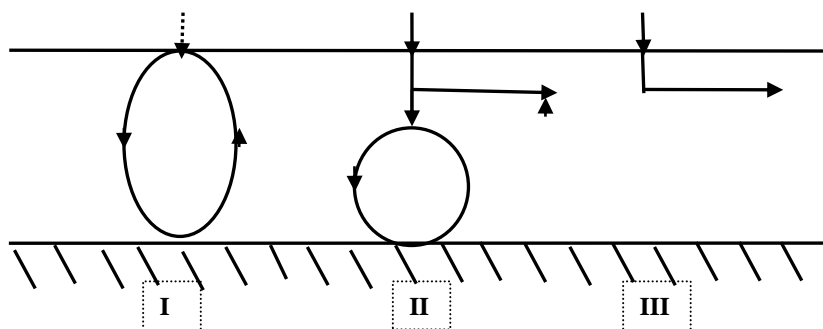


Рис. 4. Пространственная миграция компонентов в водах Северного резервуара:

I – слабоподвижные компоненты, находятся в твердой и растворенной формах, передвижение «вниз – вверх» в пределах резервуара, связываются и накапливаются в донных отложениях и в водах. участвуют в химических круговоротах; II – умеренно подвижные, находятся в твердой и растворенной формах, частично выносятся со стоком озерных вод из резервуара (частичная горизонтальная миграция), остальная часть связывается и накапливается в донных отложениях и в водах, участвует в химических круговоротах (передвижение «вниз – вверх»); III – легкоподвижные, в резервуаре находятся в растворенной форме, выносятся со стоком озерных вод из резервуара, горизонтальная миграция

Таблица 1

Классы экологической опасности компонентов и прогноз их поведения в резервуарах в случае воздействия антропогенной нагрузки на оз. Байкал*

Компоненты	Южный резервуар	Селенгинский	Средний	Ушканьеостровский	Северный
K ⁺	У Д III	У ВД II	У ВД II	У ВД II	С ВД I

Компоненты	Южный резервуар	Селенгинский	Средний	Ушканьеостровский	Северный
Na ⁺	У Д III	У Д III	У ВД II	У ВД II	У ВД II
Ca ²⁺	Л IV	Л IV	У Д III	Л IV	У ВД II
Mg ²⁺	У ВД II	У Д III	У ВД II	У ВД II	У ВД II
Al	С ВД I	С Д III	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Si	С ВД I	С Д III	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Mn ²⁺	С В I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Fe _{общ}	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
SO ₄ ²⁻	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
HCO ₃ ⁻	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
Cl ⁻	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
NO ₃ ⁻	С ВД I	У Д III	С ВД I	С ВД I	С ВД I
PO ₄ ³⁻	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
As	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
B	Л IV	Л IV	У ВД II	Л IV	У В II
Cr	С ВД I	С Д III	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Cu	С ВД I	Л IV	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Cd	У ВД II	У ВД II	С ВД I	У ВД II	С ВД I
Hg	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
Pb	С ВД I	У Д III	У В II	С ВД I	С ВД I
Sr	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV	Л IV
Zn	У ВД II	Л IV	Л IV	У ВД II	С ВД I
Co	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
U	У ВД II	У ВД II	С ВД I	У ВД II	С ВД I
V	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Br	У ВД II	У Д III	У ВД II	У ВД II	С ВД I
Rb	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
Mo	Л IV	У ВД II	У Д III	У ВД II	У ВД II
C _{орг}	У Д III	У Д III	У ВД II	У Д III	У ВД II
N _{орг}	У ВД II	У Д III	У ВД II	У ВД II	У ВД II
P _{орг}	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I
S _{орг}	У Д III	У Д III	У ВД II	У Д III	У ВД II
Ti	С ВД I	У ВД II	С ВД I	С ВД I	С ВД I

* С – слабоподвижные накапливаются; У – умеренноподвижные, частично выносятся, частично накапливаются; Л – легкоподвижные выносятся; В – накапливаются в водах; Д – накапливаются в донных отложениях; ВД – накапливаются в донных отложениях и водах, I, II, III, IV – классы экологической опасности.

Круг компонентов, совершающих биогеохимические круговороты, определен для каждого резервуара оз. Байкал. Общими компонентами для всех глубоководных резервуаров являются: Mg²⁺, Al, Si, Mn²⁺, Fe_{общ}, NO₃⁻, PO₄³⁻, As, Cr, Cu, Cd, Pb, Co, U, V, Rb, Ti, P_{орг}; кроме того, еще: в Южном резервуаре Zn, N_{орг}, в Среднем: K⁺, Na⁺, B, Br, C_{орг}, N_{орг}, S_{орг}, в Ушканьеостровском: K⁺, Na⁺, Mo, N_{орг}; в Северном: K⁺, Na⁺, Ca²⁺, B, Br, Mo, Zn, C_{орг}, N_{орг}, S_{орг}. Эти компоненты находятся в водах резервуаров в растворенных и взвешенных формах: в виде взвеси уходят с потоками в донные отложения и в растворенных формах приходят с потоком из донных отложений. В Селенгинском резервуаре в химиче-

ском круговороте частично участвуют: K^+ , Mn^{2+} , As, Cd, Co, U, V, Mo, Rb, B, Ti, PO_4^{3-} , $Fe_{общ}$, $P_{орг}$.

Установлена геохимическая устойчивость экосистем каждого резервуара при попадании химических элементов и органического вещества в оз. Байкал с техногенным стоком (см. табл. 1).

Озеро Байкал – ультрапресное озеро с малым содержанием биогенных элементов в его водах. Прирост биомассы планктона ограничен поставкой биогенных элементов в трофогенный слой с потоком из донных отложений. Скорость водной миграции элементов позволяет разделить их на три группы: малоподвижные или связанные элементы (элементы, участвующие в химических круговоротах или элементы, захоранивающиеся в донных отложениях), частично выносимые, частично связанные (частично транзитные, частично участвующие в химических круговоротах, частично захоранивающиеся в донных отложениях) и легкоподвижные – «транзитные» компоненты – приходящие с внешней нагрузкой и уходящие со стоком озерных вод в другие резервуары озера и р. Ангару (см. рис. 2–4).

Из-за низкого стока озерных вод в резервуарах по сравнению с массами вод в каждом резервуаре, ликвидация техногенных аварий будет крайне медленной. Существующие в каждом резервуаре группы компонентов («связанных»), участвующие в химическом круговороте, т.е. уходящие с потоком в донные отложения и возвращающиеся с потоком из донных отложений, в случае техногенных аварий с этими компонентами, в четырех резервуарах не будут утилизированы, как в обычных неглубоких континентальных озерах, а с потоком из донных отложений, за исключением ничтожной захороненной части, вернутся обратно, вызывая вторичное заражение и накапливаясь в водах. Эти компоненты будут связаны и не попадут в другие резервуары, но будучи вовлеченными в химический круговорот, нарушат существующие химическое и биологическое равновесия и вызовут этим катастрофические изменения качества вод в этом резервуаре. Любой больший по сравнению с существующим приток биогенных элементов извне вызовет их накопление в водоеме, сдвинет существующее равновесие «биогенные элементы – живое вещество» и повлечет за собой эвтрофикацию, массовое развитие фито- и бактериопланктона, особенно сине-зеленых водорослей, вызывающих цветение воды и резкое ухудшение ее качества. Другая группа компонентов («подвижных» или проточных или «транзитных») – основная часть вещества – в случае техногенных аварий, содержащих эти компоненты, со стоком озерных вод попадет в другие резервуары озера и в р. Ангару. Из-за низкого стока по сравнению с массами вод озера, эти компоненты будут накапливаться в водах озера и, повысив минерализацию озерных вод, опять же вызовут изменение качества воды. Следовательно, только в Селенгинском резервуаре и только техногенный сброс, не содержащий «транзитные» компоненты, будет ликвидирован – утилизирован в донные осадки. В остальных резервуарах утилизации этих веществ не будет – с потоком из донных отложений они вернутся обратно, вызывая вторичное заражение. Реализация предложенного подхода к оз. Байкал как к многорезервуарной системе позволяет: создать и систематизировать информацию по каждому резервуару озера и по каж-

дому впадающему в озеро потоку; оперативно оценить возможные последствия катастрофического воздействия на экосистему озера. Вещественный баланс резервуаров озера Байкал является новым методом оценки его состояния и прогноза изменений в случае антропогенных воздействий. Границы экологических зон и нормативы допустимых воздействий на экосистему оз. Байкал являются важнейшими научными проблемами в формировании экологической политики в Байкальском регионе. В Нормативах допустимых воздействий в «перечень особо опасных веществ» для резервуаров оз. Байкал необходимо включить вещества, изменяющие интенсивность внутренней нагрузки – потока из донных отложений и потока в донные отложения, (элементы первого и второго класса экологической опасности) (см. табл. 1). Компоненты, являющиеся загрязнителями (элементами первого и второго класса экологической опасности) для озера Байкал определены для каждого резервуара. Общими компонентами для всех глубоководных резервуаров являются: Mg^{2+} , Al, Si, Mn^{2+} , $Fe_{общ}$, NO_3^- , PO_4^{3-} , As, Cr, Cu, Cd, Pb, Co, U, V, Rb, Ti, $P_{орг}$; кроме того, еще: в Южном резервуаре Zn, $N_{орг}$, в Среднем: K^+ , Na^+ , B, Br, $C_{орг}$, $N_{орг}$, $S_{орг}$, в Ушканьеостровском: K^+ , Na^+ , Mo, $N_{орг}$; в Северном: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , B, Br, Mo, Zn, $C_{орг}$, $N_{орг}$, $S_{орг}$. В Селенгинском резервуаре к элементам второго класса экологической опасности относятся K^+ , Mn^{2+} , As, Cd, Co, U, V, Mo, Rb, B, Ti, PO_4^{3-} , $Fe_{общ}$, $P_{орг}$. Элементы третьего класса экологической опасности в резервуарах составляют компоненты, уходящие с потоком в донные отложения и захоранивающиеся в них. В четвертый класс экологической опасности входят легкоподвижные “транзитные” элементы, которые в случае техногенных аварий со стоком озерных вод попадут в соседние резервуары озера и в реку Ангару. Только по элементам, входящим в четвертый класс экологической опасности, резервуары – системы мегасистемы «Оз. Байкал» способны к саморегуляции – удалению их из системы со стоком с течением времени, остальные элементы при попадании резервуары аккумулируются в них – в водах или в донных отложениях.

Список использованной литературы

1. Астраханцева О.Ю. Принципы создания модели «Мегасистема «Оз. Байкал», база данных / О.Ю. Астраханцева // Проблемы земной цивилизации : сб. ст. – Иркутск, ASPrint, 2002. – Вып. 6, ч. 1. Поиск решения проблем выживания и безопасности Земной цивилизации. – С. 72–121.
2. Астраханцева О.Ю. Химический баланс Ушканьеостровского резервуара оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко, О.М. Глазунов // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 5 (64). – С. 36–50.
3. Астраханцева О.Ю. Равновесные физико-химические модели прибрежных вод резервуаров оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко // Современные проблемы геологии, геохимии и геоэкологии Дальнего Востока России : материалы 4-й Всерос. конф. молодых ученых, Владивосток, 27 авг. – 5 сент. 2012 г. – Владивосток : Дальнаука, 2012. – С. 249–258.
4. Астраханцева О.Ю. Равновесные физико-химические модели поверхностных вод резервуаров оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко // Вод-

ные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии : тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 5-летнему юбилею Ин-та вод. и экол. проблем СО РАН, Барнаул, 20–24 авг. 2012 г. – Барнаул : Ин-т вод. и экол. проблем СО РАН, 2012. – Т. 2. – С. 25–31.

5. Астраханцева О.Ю. Химический баланс Северного резервуара оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко, О.М. Глазунов // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 3 (74). – С. 35–47.

6. Астраханцева О.Ю. Среднемноголетние содержания компонентов в донных отложениях Южного, Селенгинского, Среднего, Ушканьеостровского, Северного резервуаров озера Байкал / О.Ю. Астраханцева // Вестник ИрГТУ. – 2014. – № 9 (92). – С. 53–63.

7. Астраханцева О.Ю. Расчет форм существования компонентов и характера геохимической среды (Еh, рН, минерализация) в подсистемах – глубинных водах резервуаров оз. Байкал через внутренние физико-химические параметры, равновесные с параметрами окружающей среды / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко // Гелиогеофизические исследования. – 2014. – № 9 (9). – С. 30–34.

8. Астраханцева О.Ю. Исследование внутренней (структурной) иерархии вещества вод озера Байкал / О.Ю. Астраханцева // Вестник ИрГТУ. – 2015. – № 4 (99). – С. 53–64.

9. Астраханцева О.Ю. Вертикальные потоки вещества в донные отложения и из донных отложений в резервуарах оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, И.А. Белозерцева, О.Ю. Палкин // Вода: химия и экология. – 2016. – № 5. – С. 3–13.

10. Астраханцева О.Ю. Исследование путей миграции и мест аккумуляции химических элементов и органического вещества в резервуарах оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, И.А. Белозерцева, О.Ю. Палкин // Вода: химия и экология. – 2016. – № 10. – С. 5–15.

11. Астраханцева О.Ю. База данных химического состава вод и потоков оз. Байкал // Экосистемы и природные ресурсы горных стран : материалы 1-го Междунар. симп. «Байкал. Современное состояние поверхностной и подземной гидросферы горных стран». – Новосибирск : Наука, 2004. – С. 233–260.

12. Астраханцева О.Ю. Расчет форм существования компонентов и характера геохимической среды (Еh, рН, минерализация) в глубинных водах резервуаров оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, И.А. Белозерцева, О.Ю. Палкин // Вода: химия и экология. – 2017. – № 5. – С. 12–22.

13. Астраханцева О.Ю. Выделение в веществе вод озера Байкал зон естественных физико-химических равновесий с веществом окружающей среды / О.Ю. Астраханцева, И.А. Белозерцева, О.Ю. Палкин // Вода: химия и экология. – 2018. – № 7-9. – С. 3–14.

14. Астраханцева О.Ю. Исследование вклада потоков (из донных отложений и в донные отложения) в химические балансы Южного, Селенгинского, Среднего, Ушканьеостровского и Северного резервуаров оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, Л.А. Филиппова // Вестник ИрГТУ. – 2014. – № 10 (93). – С. 68–79.

15. Астраханцева О.Ю. Выделение полуавтономных систем в озере Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко, О.М. Глазунов // Вестник ИрГТУ. – 2010. – № 4 (44). – С. 27–37.

16. Астраханцева О.Ю. Количественная оценка потока «Подземные воды», впадающего в озеро Байкал, для пяти резервуаров озера Байкал: Южного, Селенгинского, Среднего, Ушканьеостровского, Северного / О.Ю. Астраханцева // Вестник ИрГТУ. – 2007. – № 3 (31). – С.15–21.

17. Астраханцева О.Ю. Расчет морфометрических характеристик сложной системы «Озеро Байкал» / О.Ю. Астраханцева // Вестник ИрГТУ. – 2007. – № 4 (32). – С. 42–49.

18. Астраханцева О.Ю. Водный баланс мегасистемы «Озеро Байкал» / О.Ю. Астраханцева, О.М. Глазунов // Вестник ИрГТУ. – 2008. – № 3 (35). – С. 148–154.

19. Астраханцева О.Ю. Химический баланс Южного резервуара оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко, О.М. Глазунов // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 8 (55). – С. 16–28.

20. Астраханцева О.Ю. Химический баланс Селенгинского резервуара оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко, О.М. Глазунов // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 1 (60). – С. 20–32.

21. Астраханцева О.Ю. Химический баланс Среднего резервуара оз. Байкал / О.Ю. Астраханцева, К.В. Чудненко, О.М. Глазунов // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 3 (62). – С. 28–42.

Информация об авторах

Палкин Олег Юрьевич – кандидат экономических наук, доцент, кафедра мировой экономики и экономической безопасности, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: o.palkin2017@yandex.ru.

Астраханцева Ольга Юрьевна – младший научный сотрудник, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Российская Федерация.

Authors

Palkin Oleg Yurievich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of World Economy and Economic Security, Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: o.palkin2017@yandex.ru.

Astrakhantseva Olga Yurievna – Junior Researcher, Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, the Russian Federation.