

Биотические потоки вещества и энергии между водными и наземными экосистемами

Ю. Ю. ДГЕБУАДЗЕ¹, М. И. ГЛАДЫШЕВ^{2,3}

¹ *Институт проблем экологии и эволюции РАН
119071, Москва, Ленинский просп., 33*

² *Институт биофизики СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/50*

³ *Сибирский федеральный университет
660041, Красноярск, просп. Свободный, 79
E-mail: dgebuadze@sevin.ru*

Статья поступила 25.12.15

Принята к печати 15.01.16

АННОТАЦИЯ

Настоящая статья является вводной к тематическому выпуску журнала. В ней кратко, в историческом плане, излагается проблема изучения пограничных зон между смежными экосистемами – экотонах. Отмечается высокое биоразнообразие в экотонах, и вместе с тем их уязвимость к природным и антропогенным воздействиям и к инвазиям чужеродных видов. Высказывается предположение об отсутствии противоречий между концепциями экотонах и речного континуума. Подчеркивается важная экологическая роль амфибионтных животных и растений во взаимодействии и функционировании смежных экосистем. Затрагивается проблема изучения не только количественных, но и качественных (элементный и биохимический составы) характеристик потоков вещества между экосистемами.

Ключевые слова: экотон, амфибионты, биологические инвазии, биоразнообразие, потоки вещества и энергии, граница раздела “вода – суша”.

В экологических исследованиях одной из трудных задач всегда являлось установление границ между отдельными однородными системами. Сложности связаны прежде всего с открытостью этих систем и с большой подвижностью их границ. Однако при любом масштабе экологических подразделенностей, от природно-климатических зон и природно-ландшафтных комплексов до биотопов и ме-

стообитаний, исследования требуют обозначения границ.

Начиная с работ Ф. Е. Клементса [1905], еще в начале прошлого века было показано, что сами границы между экосистемами фактически представляют собой отдельные системы. Именно Ф. Е. Клементс предложил именовать эти системы экотонами, которые в соответствии с современными представле-

ниями обозначают как транзитные зоны между смежными экологическими системами, имеющие набор характеристик, уникально определенных пространственными и временными масштабами и силой взаимодействий между этими системами.

Как и во многих других отраслях науки, в случае с границами экосистем подходы и термины, предложенные в первой трети XX в., только спустя некоторое время стали применяться в конкретных исследованиях. В нашей стране, согласно литературным данным, это произошло с середины 1970-х гг. [Арманд, 1975; Залетаев, 1976, 1979; Сочава, 1978], а на западе – с конца 1980-х [Hansen et al., 1988; Holland, 1988; Naiman et al., 1988a]. Именно тогда стали полагать, что исследования пограничных зон экосистем (экотон) могут быть полезными во многих отношениях. Экотон может рассматриваться как “мембрана”, регулирующие потоки вещества и энергии между смежными пятнами ресурса. Кроме того, стало очевидным, что сообщества в пределах экотон особенно чувствительны к изменениям ландшафта, что связано с нестабильностью и уязвимостью этих пограничных систем. Последнее обстоятельство приобретает особую важность при оценке уровней антропогенной нагрузки, которая меняет как характер систем, так и ее гетерогенность, определяемую числом экотон на единицу пространства. Интерес к транзитным зонам возрос и в связи с широким распространением понятия “биоразнообразие”, так как число видов организмов на этих участках часто выше, чем в смежных экосистемах. Показано, что высокому обилию видов в экотонах в немалой степени способствует не только присутствие в них видов из смежных экосистем, но и протекание в организмах процессов морфо-экологической и генетической диверсификации, и большей уязвимости экотон к инвазиям чужеродных видов [Dgebuadze, 1995, 2001; Lee, 2002; Keller, Taylor, 2008; Catford et al., 2011, 2013]. Кроме того, анализ переходных зон между водой и суши (экотон) послужил интеграции исследований водных биоресурсов (прежде всего рыбных), гидробиологии и экологии ландшафтов.

Безусловно, основой существования пограничных между экосистемами (биогеоценоза-

ми) зон является “костная” составляющая, т. е. соприкосновение сред (воды и суши), а также особенности наземного и подводного рельефов, морских течений и постоянных ветров. По своим масштабам в иерархии экотон самыми крупными (контрастными) являются береговые линии морей, озер и рек, зоны океанического апвеллинга, границы между пресными и солеными (эстуарии) и подземными и поверхностными водами материков. В таких транзитных зонах не вызывает трудностей установление границ между экологическими подразделенностями, именно здесь происходят важные взаимодействия биологических объектов всех уровней организации и наблюдаются самые высокие показатели биоразнообразия и биопродуктивности.

Значение контактов смежных экосистем, заключающихся в биотических потоках вещества и энергии, хорошо иллюстрируют, например, результаты исследований лотических систем [Naiman et al., 1988a; Bretschko, 1995; Schlosser, 1995a; Melles et al., 2012]. Вообще рассмотрение транзитных зон (экотон) в реках исторически является третьей парадигмой в исследованиях этих систем [Naiman et al., 1988a; Дгебуадзе, 1990]. Первая заключалась в делении рек на участки, вторая – это концепция речного континуума [Vannote et al., 1980]. Некоторые авторы считают [Naiman et al., 1988a; Дгебуадзе, 1990; Bretschko, 1995], что вторая и третья парадигмы (концепции речного континуума и экотона) не противоречат друг другу, помогая расширению наших знаний. Действительно, если рассматривать реку в отношении латеральных границ, то в силу взаимодействия с наземными системами происходит смена в соотношении первичной продукции, производимой в самой реке, и энергетических трат организмов речной экосистемы (P/R) вдоль речного континуума. Как известно [Zalewski et al., 2001], в верховьях рек средней полосы преобладает поступление аллохтонного органического вещества с суши ($P/R < 1$), что связано с затененностью водной поверхности прибрежной растительностью и относительно высокими скоростями течения. Ниже по течению преобладает автохтонное органическое вещество ($P/R > 1$). В продольном измерении объединение двух подходов (концеп-

ции речного континуума и экотонов) позволяет взглянуть на водотоки как на собрание экосистем или пятен ресурса, разделенных границами (экотонами). При исследовании речных экосистем в наибольшей степени важно получить данные не только по соотношению P/R , но и по I/E , где I – импорт, а E – экспорт вещества и энергии [Allan, 1995].

Отметим, что значительная часть импорта и экспорта между системами река – суша в латеральном измерении в значительной степени связана с абиотической составляющей: смыв веществ с суши при таянии снегов и с дождями, попадание веществ из водной среды на сушу при половодьях и приливах. Гидрологические и гидрохимические процессы, происходящие в транзитных зонах, могут оказывать и другие воздействия на биоту. Примером служат колебания уровня воды в водоемах озерного типа, особенно характерные для водохранилищ, которые могут приводить к исчезновению значительных площадей литоральной (экотонной) зоны, используемых, в частности, для воспроизводства (нереста и нагула молоди) рыб. В результате происходит резкое падение численности ряда видов рыб, что может приводить к каскадному эффекту (“top-down” effect) во всей водной экосистеме [Duncan, Kubečka, 1995; Zalewski et al., 1995]. Без каких-либо активных действий живые организмы (чаще всего в виде семян и покоящихся стадий беспозвоночных животных), случайно попав в пограничные зоны, распространяются из одной экосистемы в другую с помощью ветра, морских течений и континентальных водотоков.

Особая роль экотонов в формировании структуры и особенностей функционирования смежных экосистем заметна при анализе антропогенного воздействия. Так, перенос органических и загрязняющих веществ из агроценозов и урбоценозов приводит к эвтрофированию и деградации смежных (прежде всего водных) экосистем.

Отмечая значение абиотических и антропогенных процессов в переносе вещества и энергии через границы между средами и экосистемами, следует признать и ту роль, которую в этих взаимодействиях играют живые организмы. Если говорить об экотонах “вода – суша”, необходимо упомянуть о земноводных растениях и животных, обитающих

в обеих средах. Это амфибионтные растения и насекомые, амфибии, рептилии, водоплавающие и околоводные птицы, околоводные млекопитающие. Среди амфибионтных организмов исключительную важность в процессах переноса вещества и энергии между экосистемами играют виды-эдификаторы (ключевые виды, “экологические инженеры”) [Сукачев, 1928; Paine, 1969], которые своей деятельностью могут существенно изменять местообитания, создавать и ликвидировать экотоны, а также переносить вещества и энергию через границу вода – суша, что в значительной степени влияет на структуру и функции смежных экосистем. Наиболее значимые результаты в данной области получены для бобров (*Castor*) [Naiman et al., 1988b, 1994; Schlosser, 1995b; Завьялов и др., 2005; Sjöberg, Ball, 2011; Завьялов, 2015] и птиц [Крылов и др., 2012].

Как уже отмечалось, наблюдается определенная периодичность в интенсификации исследований транзитных зон между экосистемами. В частности, предпоследний по времени рост активности в этом направлении связан с Программой научного консультативного комитета ЮНЕСКО “Человек и биосфера” (МАБ): “Роль экотонов вода–суша в управлении и восстановлении ландшафтов” (“Role of Land/Inland Water Ecotones in Landscape Management and Restoration”), консолидирующей и координирующей исследования главным образом континентальных экотонов с конца 1980-х до конца 1990-х гг. [Дгебуадзе, 1990; Decamps et al., 2004]. В рамках рабочей группы этой программы “Рыбы и экотоны вода – суша” организована целая серия совещаний и конференций, в ходе которых разрабатывались общие принципы подходов и методы исследований экотонов, и фактически создана сеть исследовательских групп, охватывающая многие страны мира. Материалы, рассматриваемые на совещаниях и конференциях, опубликованы в сборниках ЮНЕСКО в 1989, 1990, 1994 и 1997 гг. и, что особенно важно, им посвящены специальные выпуски международных периодических научных изданий: *Biology International* (1988, Spec. Iss. N 17), *Hydrobiologia* (1995, Vol. 303) и *Ecohydrology & Hydrobiology* (2001, Vol. 1, N 1–2). Публикации участников программы и рабочей группы по проблеме эко-

тонов продолжают появляться и в последующие годы [Strayer et al., 2003; Decamps et al., 2004; Bednarek, Zalewski, 2007; Bondar et al., 2007; Zalewski et al., 2008; Kiedrzyńska et al., 2008; Preiner et al., 2008; Schiemer, 2015].

В начале XXI в. продолжается развитие методов исследований пограничных зон, как и всех экологических систем. Это, прежде всего, относится к разработке методов исследования динамики численности и трофологии популяций живых организмов. Накопленные к настоящему времени данные о функционировании экосистем свидетельствуют о том, что при анализе межорганизменных (прежде всего трофических) отношений важно рассмотреть не только энергетических потоков, но и качественного состава перемещающихся по пищевым сетям веществ. Например, известно, что в пресноводных экосистемах быстрый рост численности и биомассы цианобактерий может происходить только при определенном соотношении азота и фосфора [Smith, 1983], а различных видов зоопланктона – при определенном соотношении углерода, азота и фосфора [Elser et al., 1998; Hall et al., 2004; Hessen et al., 2005; Andersen et al., 2007; Woersma et al., 2008]. Еще большее значение может иметь и состав потребляемых организмами органических веществ. Есть все основания полагать, что при переносе как растворенного и взвешенного органического вещества, так и кормовых объектов между средами и экосистемами соотношение и качественный состав определенных компонентов имеют исключительное значение. При этом наибольшее значение имеют те вещества, которые производятся в основном в одной экосистеме и являются незаменимыми для организмов другой. В частности, как показали исследования последних лет, основным источником длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот семейства ω -3 (ПНЖК), играющих важную роль в метаболизме наземных животных (включая человека), служат водные экосистемы [Gladyshev et al., 2009, 2013, 2015]. Произведенные микроводорослями ПНЖК транспортируются через водные пищевые сети и выносятся на сушу в основном вылетающими амфибионтными насекомыми, земноводными, водоплавающими и околоводными птицами, рыбоядными млекопитающими.

В настоящее время можно говорить о повышении интереса к процессам биологического переноса вещества и энергии между водными и наземными экосистемами в нашей стране. В ряде регионов России ведутся постоянные наблюдения за взаимодействием экосистем, организуются конференции (в частности, “Проблемы изучения краевых структур биоценозов”, Саратов, 1997, 2008, 2012) и симпозиумы по проблеме экотон, появляются публикации [Залетаев, 1997; Ермохин, 2007, 2014; Крылов, 2015]. Однако, к сожалению, большая часть полученной информации не попадает в активно используемую область мирового научно-информационного пространства, так как опубликована в региональных сборниках и других малотиражных, недоступных для большинства ученых изданиях, относящихся к разряду так называемой “серой литературы” (“grey literature”).

Задачами настоящего выпуска являются консолидация и координация российских ученых, занимающихся изучением переноса вещества и энергии между водными и наземными экосистемами, ознакомление широкой научной общественности со значимыми результатами в этой области и привлечение внимания исследователей к интересной проблеме взаимодействия водных и наземных экосистем, которая, на наш взгляд, является одной из приоритетных для современной экологической науки.

ЛИТЕРАТУРА

- Арманд А. Д. Информационные модели природных комплексов. М.: Наука, 1975. 128 с.
- Дгебуадзе Ю. Ю. Рабочая группа МАБ по экотонам. Информ. бюл. “Человек и биосфера”. М., 1990. № 2. С. 30–38.
- Ермохин М. В. Проблемы и перспективы исследования краевых структур биоценозов рек и водоемов речных долин // Актуальные вопросы изучения микро-, мейзообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов. I Междунар. науч. шк.-конф., 2–7 октября 2007 г., Борок. ИБВВ РАН. Н. Новгород: Вектор ТиС, 2007. С. 101–129.
- Ермохин М. В. Методы изучения потоков вещества и энергии, формируемых животными между водными и наземными экосистемами в долинах рек // Экосистемы малых рек: Биоразнообразие, Экология, Охрана: мат-лы лекций II Всерос. шк.-конф., 18–22 ноября 2014 г., Борок. ИБВВ РАН. Ярославль: Филлигрань, 2014. Т. 1. С. 42–56.

- Завьялов Н. А., Крылов А. В., Бобров А. А., Иванов В. К., Дгебуадзе Ю. Ю. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек. М.: Наука, 2005. 186 с.
- Завьялов Н. А. Средообразующая деятельность бобра (*Castor bever* L.) в европейской части России // Тр. Гос. природного заповедника "Рдейский". Великий Новгород, 2015. Вып. 3. 320 с.
- Залетаев В. С. Жизнь в пустыне. Географо-биогеоэкологические и экологические проблемы. М.: Мысль, 1976. 271 с.
- Залетаев В. С. О механизме устойчивости биогеоценозов экологически переходных территорий в южных пустынях СССР // Проблемы освоения пустынь. 1979. № 6. С. 38–44.
- Залетаев В. С. Экотоны в биосфере. М.: РАСХН, 1997. 329 с.
- Крылов А. В., Кулаков Д. В., Чалова И. В., Папченков В. Г. Зоопланктон пресных водоемов в условиях влияния гидрофильных птиц. Ижевск: Изд. С. А. Пермяков, 2012. 204 с.
- Крылов А. В. Гидроэкология устьевых областей притоков равнинного водохранилища. ИБВВ РАН. Ярославль: Филигрань, 2015. 466 с.
- Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.
- Сукачев В. Н. Растительные сообщества (введение в фитоценологию). Л.; М.: Книга, 1928. 232 с.
- Allan D. J. Stream ecology. Structure and function of running waters. London: Chapman & Hall, 1995. 388 p.
- Andersen T., Færøvig P. J., Hessen D. O. Growth rate versus biomass accumulation: Different roles of food quality and quantity for consumers // *Limnol. Oceanogr.* 2007. Vol. 52. P. 2128–2134.
- Bednarek A., Zalewski M. Management of lowland reservoir littoral zone for enhancement of nitrogen removal via denitrification // *Wetlands: Monitoring, Modeling and Management* / eds. T. Okruszko, E. Maltby, J. Szatyłowicz, D. Świątek, W. Kotowski, A. A. Balkema Publishers – Taylor & Francis Group, 2007. P. 293–299.
- Boersma M., Aberle N., Hantzschke F. M., Schoo K. L., Wiltshire K. H., Malzahn A. M. Nutritional limitation travels up the food chain // *Int. Rev. Hydrobiol.* 2008. Vol. 93. P. 479–488.
- Bondar E., Kucera-Hirzinger V., Preiner S., Weigelhofer G., Schiemer F., Hein T. The impact of an artificial water enhancement scheme on phosphorus dynamics in an urban floodplain system in Vienna (Austria) // *Ibid.* 2007. Vol. 92, N 4–5. P. 413–427.
- Bretschko G. River/land ecotones: scales and patterns // *Hydrobiologia.* 1995. Vol. 303. P. 83–91.
- Catford J. A., Downes B. J., Gippel C. J., Vesk P. A. Flow regulation reduces native plant cover and facilitates exotic invasion in riparian wetlands // *J. Appl. Ecol.* 2011. Vol. 48. P. 432–442.
- Catford J. A., Naiman R. J., Chambers L. E., Roberts J., Douglas M., Davies P. Predicting novel riparian ecosystems in a changing climate // *Ecosystems.* 2013. Vol. 16. P. 382–400. DOI: 10.1007/s10021-012-9566-7.
- Clements F. E. Research methods in ecology. Lincoln, Nebraska: University Publishing Company, 1905. 199 p.
- Decamps H., Pinay G., Naiman R. J., Peters G. E., McClain M. E., Hillbricht-Ilkowska A., Hanley T. A., Holmes R. M., Quinn J., Gibert J., Planty Tabacchi A.-M., Schiemer F., Tabacchi E., Zalewski M. Riparian zones: where biogeochemistry meets biodiversity in management practice // *Polish Journ. Ecol.* 2004. Vol. 52, N 1. P. 3–18.
- Dgebuadze Yu. Yu. The Land/Inland-water ecotones and fish population of Lake Valey (West Mongolia) // *Hydrobiologia.* 1995. Vol. 303. P. 235–245.
- Dgebuadze Yu. Yu. The role of land/inland water ecotones in fish ecology on the basis of Russian research – a review // *Ecohydrol. Hydrobiol.* 2001. Vol. 1, N 1–2. P. 229–237.
- Duncan A., Kubečka J. Land/water ecotone effect in reservoirs on the fish fauna // *Hydrobiologia.* 1995. Vol. 303. P. 11–30.
- Elser J. J., Chrzanowski T. H., Sterner R. W., Mills K. N. Stoichiometric constraints on food web dynamics: A whole-lake experiment on the Canadian Shield // *Ecosystems.* 1998. Vol. 1. P. 120–136.
- Gladyshev M. I., Arts M. T., Sushchik N. N. Preliminary estimates of the export of omega-3 highly unsaturated fatty acids (EPA + DHA) from aquatic to terrestrial ecosystems // *Lipids in aquatic ecosystems* / eds M. T. Arts, M. Kainz, M. T. Brett. New York: Springer, 2009. P. 179–209.
- Gladyshev M. I., Makhutova O. N., Gubanenko G. A., Rechkina E. A., Kalachova G. S., Sushchik N. N. Livers of terrestrial production animals as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids for humans: An alternative to fish? // *Europ. Journ. Lipid Sci. and Technol.* 2015. Vol. 117. P. 1417–1421.
- Gladyshev M. I., Sushchik N. N., Makhutova O. N. Production of EPA and DHA in aquatic ecosystems and their transfer to the land // *Prostaglandins and Other Lipid Mediators.* 2013. Vol. 107. P. 117–126.
- Hall S. R., Leibold M. A., Lytle D. A., Smith V. H. Stoichiometry and planktonic grazer composition over gradients of light, nutrients, and predation risk // *Ecology.* 2004. Vol. 85, N 8. P. 2291–2301.
- Hansen A. J., di Castri F., Naiman R. J. Ecotones: What And Why? // *A new look at ecotones: Emerging International Projects on Landscape Boundaries* / eds. F. di Castri, A. J. Hansen, M. M. Holland. Emerging International Projects on Landscape Boundaries. Biology International. Special Issue 17. IUBS, Paris, 1988. P. 9–46.
- Hessen D. O., Van Donk E., Gulati R. Seasonal seston stoichiometry: effects on zooplankton in cyanobacteria dominated lakes // *J. Plankton Res.* 2005. Vol. 27. P. 449–460.
- Holland M. M. SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundaries. Report of a SCOPE/MAB workshop on ecotones // *A new look at ecotones: Emerging International Projects on Landscape Boundaries* / eds. F. di Castri, A. J. Hansen, M. M. Holland. Emerging International Projects on Landscape Boundaries. Biology International. Special Issue 17. IUBS, Paris, 1988. P. 47–106.
- Keller S. R., Taylor D. R. History, chance and adaptation during biological invasion: separating stochastic phenotypic evolution from response to selection // *Ecol. Lett.* 2008. Vol. 11, N 8. P. 852–866.
- Kiedrzyńska E., Wagner-Łotkowska I., Zalewski M. Quantification of phosphorus retention efficiency by floodplain vegetation and a management strategy for a eutrophic reservoir restoration // *Ecol. Engineering* 2008. Vol. 33. P. 15–25.

- Lee C. E. Evolutionary genetics of invasive species // *Trends in Ecology & Evolution*. 2002. Vol. 17. N 8. P. 386–391.
- Melles S. J., Jones N. E., Schmidt D. B. Review of theoretical developments in stream ecology and their influence on stream classification and conservation planning // *Freshwater Biol.* 2012. Vol. 57. P. 415–434.
- Naiman R. J., Decamps H., Pastor J., Johnston C. A. The potential importance of boundaries to fluvial ecosystems // *J. N. Am. Benthol. Soc.* 1988a. Vol. 7. P. 289–306.
- Naiman R. J., Johnston C. A., Kelly J. C. Alteration of North American streams by beaver // *BioScience*. 1988b. Vol. 38. P. 753–762.
- Naiman R. J., Pinay G., Johnston C. A., Pastor J. Beaver influenced on the long-term biogeochemical characteristics of boreal forests drainage network // *Ecology*. 1994. Vol. 75. N 4. P. 905–921.
- Paine R. T. A note on trophic complexity and community stability // *Amer. Natur.* 1969. Vol. 103. P. 91–93.
- Preiner S., Drozdowski I., Schagerl M., Schiemer F., Hein T. The significance of side-arm connectivity for carbon dynamics of the River Danube, Austria // *Freshwater Biol.* 2008. Vol. 53. P. 238–252.
- Schiemer F. Building an eco-hydrological framework for the management of large river systems // *Ecohydrol. Hydrobiol.* 2015. doi.org/10.1016/j.ecohyd.2015.07.004
- Schlosser I. J. Critical landscape attributes that influence fish population dynamics in headwater streams // *Hydrobiologia*. 1995a. Vol. 303. P. 71–81.
- Schlosser I. J. Dispersal, boundary processes and trophic level interactions in stream adjacent to beaver ponds // *Ecology*. 1995b. Vol. 76. P. 908–925.
- Sjöberg G., Ball J. P. (Eds.). *Restoring the European Beaver: 50 years of experience*. Sofia; Moscow: Pensoft Publ., 2011. 280 p.
- Smith V. N. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton // *Science*. 1983. Vol. 221. N 4611. P. 669–671.
- Strayer D. L., Power M. E., Fagan W. F., Pickett S. T. A., Belnap J. A. Classification of Ecological Boundaries // *BioScience*. 2003. Vol. 53. N 8. P. 723–729.
- Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C. E. The River Continuum Concept // *Can. Journ. Fish. Aquat. Sci.* 1980. Vol. 37. P. 130–137.
- Zalewski M., Frankiewicz P., Nowak M. Biomaniipulation by ecotone management in a lowland reservoir // *Hydrobiologia*. 1995. Vol. 303. P. 49–60.
- Zalewski M., Thorpe J. E., Naiman R. J. Fish and riparian ecotones – hypothesis // *Ecohydrol. Hydrobiol.* 2001. Vol. 1, N 1–2. P. 11–24.
- Zalewski M., Harper D., Demars B., Jolankai G., Crosa G., Janauer G., Pacini N. Linking biological and physical processes at the river basin scale: the origins, scientific background and scope of ecohydrology // *Ecohydrology – Processes, Models and Case Studies* / eds. D. Harper, M. Zalewski, N. Pacini. Oxfordshire: CABI, 2008. P. 1–17.

Biotic Fluxes of Matter and Energy Between Aquatic and Terrestrial Ecosystems

Yu. Yu. DGEBUADZE¹, M. I. GLADYSHEV^{2,3}

¹ *A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS
119071, Moscow, Leninsky ave., 33*

² *Institute of Biophysics, SB RAS
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/50*

³ *Siberian Federal University
660041, Krasnoyarsk, Svobodny ave., 79
E-mail: dgebuadze@sevin.ru*

This paper is an introduction to the Special Issue of the Journal. Here, a brief historical delineation of the problem of studying interfaces between adjacent ecosystems (ecotones) was done. The high biodiversity of ecotones and their vulnerability to natural and anthropogenic impacts, including invasions of alien species, were noted. It was supposed that there was no contradiction between the ecotone and river continuum concepts. The important ecological role of amphibiotic animals and plants in interactions and functioning of the adjacent ecosystems was emphasized. The problem of studying the quantitative parameters of fluxes of matter and energy between ecosystems in conjunction with their qualitative parameters (the elemental and biochemical composition) was mentioned.

Key words: ecotone, amphibionts, biological invasions, biodiversity, fluxes of matter and energy, water-land interface.