

Д. М. Безматерных

ЗООБЕНТОС КАК ОСНОВА ТИПИЗАЦИИ ЭКОСИСТЕМ ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОБИ

В статье сделан обзор основных подходов в типизации речных систем. Показано, что для типизации водных экосистем наиболее целесообразно использовать биоценотические признаки, дающие интегральную оценку всего комплекса абиотических и биотических факторов воздействующих на водоток. Приведены примеры типизации водотоков бассейна Верхней Оби по биоценотическим признакам.

Большинство разработанных к настоящему времени классификаций и методов типизации речных систем основаны на классических гидрологических подходах. В них чаще всего используют следующие классификационные признаки: водность, внутригодовое распределение стока, источники питания, размеры, устойчивость русла, температура воды, химический состав вод, прочие признаки, комплексные.

При этом тип питания и связанное с ним распределение стока в течении года являются основными признаками, характеризующими водный режим рек и отражающими взаимодействие рек с географическими условиями их бассейнов. Поэтому в современной гидрологии широко применяются классификации рек, основанные именно на этих признаках. Наибольшего интереса из них заслуживают комплексные классификации Огиевского, Зайкова, Львовича [19] и Л.М. Корытного [12], а также комплексное гидрологическое районирование СССР по П.С. Кузину и В.И. Бабкину [13].

В соответствии с методикой классификации речных систем Сибири по их величине [12] в Обь-Иртышском бассейне выделено: 1 крупнейшая речная система IX порядка — весь бассейн Оби, 3 крупнейших системы VIII порядка — Иртыш, Чулым, Кеть, 13 больших систем VII порядка, 74 средние системы VI порядка, 354 малых систем V порядка и 1587 малых систем IV порядка.

Отдельную группу формируют классификации, основанные на учете качества вод. Наиболее полная комплексная классификация вод по их качеству была разработана в Институте гидробиологии НАН Украины [8]. В настоящее время эта классификация доработана и стала первой комплексной экологической классификацией качества поверхностных вод суши [16]. Классификация включает 4 частных классификации: А — по солевому составу; Б — по эколого-санитарным (трофо-сапробиологическим) показателям; В — по эколого-токсикологическим показателям (по содержанию радионуклидов); Г — по радиологическим показателям (по содержанию радионуклидов). Наибольшее значение для типизации водных биоценозов бассейна Оби имеют классификации А и Б. Классификация по солевому составу в части степени минерализации соответствует экологическим принципам «венецианской системы», по ионному составу — система О.О. Алекина [1].

Эколого-санитарная классификация включает трофо-сапробиологические показатели, отражающие абиотические и биотические параметры водных экосистем: гидрохимические, гидробиологические, бактериологические и некоторые гидрофизические. Гидробиологические показатели характеризуют: биомасса фитопланктона, хлорофилл «а», валовая первичная продукция, отношение валовой продукции к деструкции. Биоиндикация сапробности предполагает определение: индекса и зоны сапробности по 5 классам и 9

разрядам. Эколого-санитарная классификация поверхностных вод суши включает 5 классов качества воды и 9 разрядов.

Первое комплексное районирование рек (СССР) по гидробиоценотическим признакам выполнил В.И. Жадин [6], которые выделил следующие гидробиологические районы (которые хорошо согласуются с классическим гидрологическим районированием): Северный, Кольский, Балтийский, Черноморско-Азовский, Волжский, Уральский, Кавказский, Обской, Енисейский, Ленский, Северо-Восточно-Сибирский, Средне-Азиатско-Казакстанский.

По эколого-гидрологической классификации текущие воды делят на две большие группы: ритраль и потамаль [9, 21]. К ритрали относят примыкающую к роднику часть водотока с каменистым или гравийно-галечным грунтом, высокой скоростью течения, насыщенной кислородом водой и амплитудой среднемесячных температур до 20° С. Самую верхнюю ее часть принято также называть креналью, причем у нее бывает такие разновидности как реокрен, геокрен и лимнокрен [14]. К потамали относят примыкающую к ритрали нижнюю часть водотока с песчаным, заиленным или илистым грунтом, сравнительно небольшой скоростью течения, амплитудой среднемесячных температур выше 20° С и частыми проявлениями дефицита кислорода [5]. Границы между ритралью и потамалью зависят от климата региона.

По отношению к продольному распределению организмов все население рек условно делится на ритрон и потамон, что соответствует делению водотоков на зоны ритрали и потамали. Ритрон обычно представлен фито- и зообентосными организмами, занимающими в речных системах донные биогоризонты, а также сообществом рыб, большинство из которых лососевые. Зообентос в зоне ритрали преимущественно состоит из организмов эпифауны, среди которых важную роль играют личинки амфибиотических насекомых отрядов Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera и Diptera [5].

Наиболее признанной теорией, объясняющей причины смены сообществ вдоль по течению является концепция речного континуума [23], которая рассматривает реку как целостную систему, каждый участок которой обусловлен взаимодействием вышележащих, а вся система представляет собой цепь непрерывных взаимоотношений. Основными факторами, определяющими структуру речного сообщества по ней является затенение и мутность воды, с увеличением которых существенно снижается фотосинтез и сообщество консументов используют преимущественно аллохтонное органическое вещество. Эти показатели и определяют гетеротрофность системы в верховьях и равнинных участках реки и ее автотрофность в среднем течении.

Противоположная теория функционирования речной экосистемы представлена в концепции «динамики пятен» (рефугиумов), по которой рефугиумы располагаются в речной системе случайно и структура сообществ каждого участка реки формируется случайным образом [15]. На практике, как правило, наблюдается сочетание континуальных и дискретных свойств речных экосистем, описанных в этих двух концепциях.

Наибольшее влияние на таксономический состав гидробионтов водотоков имеют два фактора: скорость течения и стабильность грунта [7, 11]. Текущая вода содержит больше растворенного кислорода, чем стоячая, но и обитатели текущих вод нуждаются в большем содержании кислорода, чем обитатели стоячих или медленно текущих вод, так как им требуется большая энергия для удержания в потоке, если их снесет вниз, в стоячие воды, они погибнут от недостатка кислорода. В качестве основы типизации рек по гидробиоценотическим признакам наиболее целесообразно использовать состав и структуру макрозообентоса — наиболее стабильного и распространенного в реках биоценоза, четко отражающего общесистемные изменения в речной экосистеме (рисунок). Кроме того, по составу и структуре макрозообентоса предложено наибольшее количество методов биоиндикации и они нашли наибольшее распространение в мире [22]. В зависимости от субстрата в водотоках развиваются различные реофильные группировки зообентоса. Литореофильными формами являются губки, ресничные черви, олигохеты, пиявки, большое число видов насекомых, особенно личинок многих мошек, ручейников, поденок и веснянок, некоторые двусторчатые моллюски. Аргиллореофильными являются главным образом роющие личинки поденок и ручейников. К псаммореофилам относятся в основном мелкие организмы: простейшие, коловратки, нематоды, олигохеты, высшие раки, моллюски. Бентос песчаных грунтов на течении обычно довольно разнообразен, но количественно беден. Пелореофильные организмы — простейшие, коловратки, нематоды, олигохеты, личинки хирономид и моллюски. Зообентос заиленных грунтов характеризуется высокой биомассой и сравнительно небольшим видовым разнообразием, по типу питания это обычно детритофаги и грунтоеды. Фитореофильные группировки характеризуются высокой биомассой и видовым разнообразием. Свообразно население глубинных горизонтов грунта (10-30 см) — гипореос, которое часто количественно и качественно богаче поверхности дна [5, 11].

Распределение бентоса в реках характеризуется закономерным изменением видового состава, численности и биомассы от истоков к устью и с продвижением от берега к стрежню. Характер этих изменений в реках разного типа и их различных участках неодинаков. В горных реках, где преобладают литореофильные организмы, бентос поперек русла распределяется довольно равномерно, как по видовому составу, так и в численном отношении. В равнинном течении с продвижением к середине русла биомасса организмов бентоса обычно падает, но их численность часто возрастает. Это объясняется тем, что в прибрежье грунты богаче органическим веществом, течение медленнее, и здесь могут существовать сравнительно крупные организмы. С продвижением к стрежню реки удерживаться на течении могут только мелкие формы, прикрепляющиеся к песчинкам, и немногие крупные формы, зарывающиеся в песок. В низовьях равнинных рек в связи с однообразием грунтов распределение бентоса вновь становится более равномерным [11].



Рисунок. Типизированный неизменный водоток Средней Европы (вид сверху) и кривая его уклона. Стрелки вверх указывают на участки водотока, где показатели параметров среды подвержены сильным изменениям. Стрелки вниз указывают участки резкого изменения видового состава макрозообентоса [14]

Под влиянием экстремальных природных факторов (паводок, гипертрофикация в результате засухи, промерзание, пересыхание) донное население значительно обедняется или исчезает полностью. Возобновление зообентоса происходит довольно быстро при наличии достаточного количества рефугиумов, количество которых обычно увеличивается вниз по течению. Наибольшую роль в восстановлении речного зообентоса после экстремальных природных явлений играет способность многих зообентонтов к анабиозу, наличие наземных расселительных стадий амфибиотических насекомых и дрейф (снос). Интенсивность активного дрейфа экосиртона (донных организмов всплывающих самостоятельно) определяется плотностью населения, его составом, обилием пищи, неблагоприятными условиями среды и биологией вида. Пассивный дрейф экосиртона (форм, вымываемых из грунта) в основном зависит от скорости течения потока и устойчивости грунта [3, 4].

Удачным примером использования биоценологических признаков для исследования пространственной организации речных биоценозов Сибири является выполненная в ИВЭП СО РАН типизация отличающихся по гидрологическим и гидрохимическим характеристикам рек бассейна Верхней Оби по таксономической структуре макрозообентоса [20]. Показано, что изменения таксономической структуры, и увеличение уровня развития биоценозов вниз по течению большинства исследованных водотоков соответствуют принципам теории функционирования речных экосистем и связаны с высотой расположения их водосборов и уклоном их русла. Аномальное снижение продуктивности биоценозов отдельных рек может быть связано как с естественными причинами — устьем Катунь, так и высоким уровнем антропогенной трансформации — устьем Барнаулки и Алея [2, 10, 17].

Дальнейшим логическим продолжением выполненной в ИВЭП СО РАН типизации должна послужить оценка инвариантных состояний биоценозов по системе экологических модификаций А.В. Абакумова [18]. Метод экологических модификаций включает следующие градации состояния экосистем по мере усиления

антропогенного воздействия: фоновое состояние — возможны перестройки структуры, не ведущие к ее усложнению или упрощению; может происходить некоторое увеличение интенсивности метаболизма; состояние антропогенного экологического напряжения — выражается в увеличении разнообразия сообществ; состояние антропогенного экологического регресса — уменьшение разнообразия и пространственно-временной гетерогенности, упрощение межвидовых отношений, временной структуры, трофических цепей; состояние антропогенного метаболического регресса — снижение интенсивности метаболизма биоценоза.

Эффективность метода экологических модификаций ранее была уже продемонстрирована автором на некоторых равнинных притоках Верхней Оби [2]. Так, все исследованные экосистемы бассейна нижнего течения р. Чумыш можно отнести к «фоновым».

Состояние р. Барнаулки в черте города можно охарактеризовать как антропогенный «экологический регресс», что выражается в уменьшении видового разнообразия, упрощении таксономической структуры, сокращении доли хищников, некотором снижении продуктивности. В самом нижнем течении наблюдается «метаболический регресс» (усиление выраженности всех выше перечисленных признаков и особенно значительное уменьшение биомассы и продуктивности). В то же время состояние биоценозов верхнего и среднего течения ха-

рактеризуется как «фоновое» с локальными участками антропогенного «экологического напряжения».

Экосистема р. Б. Черемшанка в верхнем и среднем течении характеризуется как «фоновое», в среднем течении с локальными участками «антропогенного экологического напряжения». Замедленное течение и накопление органических веществ в зоне влияния Сорочье-Логовского водохранилища определяет состояние «метаболического прогресса» (увеличение численности и биомассы). В нижнем течении реки с усилением антропогенного воздействия основным состоянием биоценоза становится «экологический регресс» (уменьшение видового разнообразия, упрощение структуры, сокращение доли хищников).

Таким образом, в качестве основу типизации речных экосистем наиболее целесообразно использовать биоценологические признаки, дающие интегральную оценку всего комплекса абиотических и биотических факторов воздействующих на водоток. При этом саму типизацию необходимо проводить в контексте концепции речного континуума, а в качестве индикаторных сообществ лучше всего использовать зообентос (наиболее четко отражающих границы различных эколого-гидрологических зон) и фитопланктон (показатель продуктивности водных экосистем). Для верификации полученных систем типизации необходимо использовать комплексные гидрологические и гидрохимические классификации.

Библиографический список:

- 1.Алекин А.О. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 228 с.
- 2.Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния притоков Верхней Оби (на примере рек Барнаулка, Большая Черемшанка и Чумыш): Автореф. дис.... к.б.н. — Барнаул: АлтГУ, 2003. — 18 с.
- 3.Богатов В.В. Некоторые особенности динамики бентостока в условиях дождевого паводка // Систематика и экология речных организмов. — Владивосток: ДВО РАН, 1989. — С. 112-119.
- 4.Богатов В.В. Роль экстремальных природных явлений в функционировании речных сообществ Российского Дальнего Востока // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. — Владивосток: Дальнаука, 2001. — С. 22-24.
- 5.Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. — Владивосток: Дальнаука, 1994. — 218 с.
- 6.Жадин В.И. Жизнь в реках. Бентос // Жизнь пресных вод СССР/ Под ред. Е.Н. Павловского и В.И. Жадина. Т. 3. — М.-Л.: АН СССР, 1950. — С. 149-183.
- 7.Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР, их флора и фауна. — М: Учпедгиз, 1961. — 600 с.
- 8.Жукинский В.Н., Оксий О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. — 1981. — Т. 17, № 2. — С. 38-49.
- 9.Иллиес Й. Ручьи и реки // Экологические очерки о природе и человеке / Под ред. Б. Гржимека. — М.: Прогресс, 1988. — С. 371-381.
- 10.Кириллов В.В., Лопатин В.Н., Митрофанова Е.Ю. и др. Биоиндикация поверхностных вод бассейна реки Алей // Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края. Т. 2, кн. 2. — Барнаул, 1993. — С. 104-107.
- 11.Константинов А.С. Общая гидробиология. — М.: Высш. шк., 1979. — 480 с.
- 12.Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. — Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2001. — 163 с.
- 13.Кузин П.С., Бабкин В.И. Географические закономерности гидрологического режима рек. — Л.: Гидрометеиздат, 1979. — 200 с.
- 14.Леванидова И.М., Лукьянченко Т.И., Тесленко В.А. и др. Экологические исследования лососевых рек Дальнего востока СССР // Систематика и экология речных организмов. — Владивосток: ДВО РАН, 1989. — С. 74-111.
- 15.Одум Ю. Экология. — М.: Мир, 1986. — Т.1, Т.2.
- 16.Оксий О.П., Зимбалевская Л.Н., Протасов А.А. и др. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. Бентос, перифитон и зоофитос // Гидробиол. журн. — 1994. — Т. 30, № 4. — С. 31-35.
- 17.Руднева Л.В. Эколого-фаунистические особенности зообентоса рек бассейна Верхней Оби // Гидрологические и экологические процессы в водоемах и их водосборных бассейнах. — Новосибирск, 1995. — С. 128-130.
- 18.Руководство по гидробиологическому мониторингу поверхностных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. — СПб.: Гидрометеиздат, 1992. — 318 с.
- 19.Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — 308 с.
- 20.Яныгина Л.В. Теория функционирования речных экосистем. Зооценозы рек бассейна Верхней Оби: Учебно-метод. пособие. — Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2006. — 24 с.
- 21.Illies J., Botosaneanu L. Problemes et methodes de la zonation ecologique des eaux corantes, considerees sur tout du point de vue faunistice // Mitteilungen, Internat. Vereinigung fur Theoretische und Angevandte Limnol., 1963. — V.12. — S.1-57.
- 22.Mandaville S.M. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters — Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. — Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax, 2002. — 128 p.
- 23.Vannote, R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell S.R. & Cushing C.E., The river continuum concept // Can. J. Fish. aquat. Sci. — 1980. — 37. — P. 130-137.