**СТАЦИОНАРНЫЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ВОДОЕМАХ И РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ЭКОСИСТЕМ**

*Н.В. Шадрин*

*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь*

Первая в мире морская биостанция основана в 1843 г. в Остенде (Бельгия), Pierre-Joseph van Beneden (1809-1894) – основатель.

Первые морские биостанции:

• 1. Морская биостанция в Остенде (Бельгия), 1843

• 2. Морская биостанция в Кокарно (Франция), 1859

• 3. Биостанция в Аркашон (Франция), 1863

• 4. Морская биостанция в Мессине (Италия), 1868

• 5. Севастопольская биостанция (Россия), 1871

• 6. Биостанция в Вудс-холле (США), 1871

• 7. Биостанция в Роскове (Франция), 1872

• 8. Неаполитанская биостанция (Италия), 1872.

Первые пресноводные биостанции:

• 1. Богемская на Почерницком пруду (Чехия), 1888

• 2. Плёнская биостанция (Германия), 1890

• 3. На озере Глубоком (Россия), 1891

• 4. На озере Балатон (Венгрия), 1892-1895

• 5. На Великих озерах (США), 1893

• 6. Клермондская биостанция (Франция), 1893

• 7. Иллинойская биостанция (США), 1894

• 8. Бородинская на Бологовском озере (Россия), 1895

• 9. Эсбо-Лёфе (Финляндия), 1895.

Первые морские станции организовывались как зоологические, а основные цели создания пресноводных биостанций были экологическими.

В настоящее время в мире существует 1268 полевых биостанций, постоянно действующих в 120 странах (Tydecks et al., 2016). Их основные задачи: проведение мониторинга и полевых исследований, важны и образовательные. Можно добавить, что они также должны также должны содействовать выдвижению, проверке и развитию новых теоретических концепций в экологии. «Понимание сложных экологических проблем зависит от биологических полевых станций» (Gene E. Likens, President Emeritus of the Cary Institute of Ecosystem Studies, 2016).

Создание и развитие балансового подхода в гидробиологии происходило вначале на Коссинской биостанции. В 1908 г. по инициативе профессора Московского университета Григория Александровича Кожевникова в Косине на берегу Белого озера была организована биологическая станция для проведения гидробиологических работ и практики студентов. В 1923 г. Косинскую биостанцию возглавил Леонид Леонидович Россолимо (1894-1977) – основатель советской лимнологической школы. Выдвинул идею «балансового подхода» в изучении водных экосистем. Основной вклад в создание основ подхода внесли Георгий Георгиевич Винберг, . Виктор Сергеевич Ивлев и Сергей Иванович Кузнецов. Г.Г. Винберг (1905 – 1987) начал исследовательскую работу, первоначально на Болшевской биологической станции, затем на Звенигородской гидрофизиологической станции, заведующий лабораторией Лимнологической станции в Косино (с 1934 г.). Предложил изучать баланс органического вещества. Ввел термины «первичная продукция» и «деструкция» и способ определения продукционно-деструкционных процессов (темные-светлые склянки). В. С. Ивлев (1907 – 1964) до Косино работал на биостанциях на Глубоком озере и Звенигородской. Энергетический подход к балансу органического вещества. Эффективность использования энергии. С.И. Кузнецов (1900-1987) в 1931—1941 гг. заведовал лабораторией на лимнологической станции в Косино. Баланс азота, фосфора. Роль микроорганизмов в круговороте элементов.

Вклад пресноводных биостанций в формирование современных представлений на динамику экосистем: изучение закономерностей сукцессии. Сергей Николаевич Дуплаков (1897 – 1932) на Глубоком озере начал работать студентом (1916-1917 гг.), первая работа по старению и развитию прудов. С 1923 г. – перифитон. Работа на Косинской биостанции – перифитон. Экспериментальный подход (пластины) к изучению сукцессий в планктоне. Умер 18 апреля 1932 г. в возрасте 35 лет, от туберкулеза. Дуплаков С.Н. Исследование процесса обрастания в Глубоком озере. Тр. гидробиол. ст. на Глубоком озере, т. 6, вып. 2, 3, 1925. Дуплаков С.Н. Материалы к изучению перифитона. Тр. лимнолог, ст. в Косине, вып. 16, 1933.

Развитие сукцессионного взгляда привело к формулировке взгляда, который можно назвать Концепцией единственности устойчивого состояния экосистемы: каждая экосистема/сообщество имеет одну точку глобальной устойчивости (климакс), вокруг которой флуктуирует. днако развитие экологии, прежде всего накопление многолетних данных стационарных наблюдений показало, что различные водные экосистемы и сообщества могут находиться в альтернативных состояниях. Концепция множественности устойчивых состояний экосистем. Множественность устойчивых состояний экосистем показана для многих сообществ/экосистем (пресных и соленых озер, рек, лагун и т.д.), а также неизбежно следует и из общих положений теории диссипативных структур (Пригожин, Стенгерс, 2003) и синергетики (Хакен, 2003). Говоря об истории создания и развития Концепции множественности устойчивых состояний экосистем, рассказ начинают с 1960-1970 гг., но ее предшественники-предтечи были ранее. Предтечей такого взгляда можно считать Г.Г. Винберга (1928), который в результате изучения Попова пруда на Звенигородской гидрофизиологической станции сделал вывод, что сообщество пруда в 1925 и 1926 гг. находилось в совершенно различных состояниях. Переход из одного состояния в другое не был сукцессионным. Arthur G. Tansley (1935), внедривший в науку понятие «экосистема», выдвинул концепцию поликлимакса: при сходном сочетании факторов среды растительность может существовать в нескольких климаксных состояниях.

Иллюстрации альтернативных состояний озерных экосистем: с доминированием фитопланктона или макрофитов. Спутниковые снимки Бакальского озера (Крым) в июне в двух альтернативных состояниях. 2002 – плавучие маты зеленой нитчатой водоросли Cladophora – основные первичные продуценты; 2013 – фитопланктон - основной продуцент (с http://landsatlook.usgs.gov). Чередование альтернативных состояний озерных экосистем отраженное в донных отложениях (черные и серые слои). Модель «шарик-в-чашке». В динамике систем в переходах из одного состояния в альтернативное существуют точки невозврата/бифуркации (tipping point), при попадании в окрестности этих точек предсказуемость дальнейшей динамики систем уменьшается почти до нуля. В динамике экосистем проявляется явление гистерезиса - отклик системы зависит не только от ее текущего состояния и воздействующего фактора, но и от истории системы. При увеличении или уменьшении внешнего управляющего параметра точки невозврата будут иметь различные значения. Сущность концепции множественности устойчивых состояний экосистем: 1. Экосистема может находиться в нескольких устойчивых состояниях. 2. Динамика экосистем характеризуется наличием двух стадий (Красилов, 1969) – когерентной и некогерентной. 3. Когерентная стадия (длительная) включает две фазы накопления-агрегации (r) и трансформации (K). Все идет «по правилам» - сукцессия. 4. Некогерентная стадия (короткая) – фаза хаотизации и дестабилизации – освобождения от связей (Ω) и фаза реорганизации в новое состояние (α). Правил нет. Большая роль случайности. Возможность создания нового. Стадия творческой деструкции (Холлинг). Известный канадский эколог C. Holling (1973) описал четырехфазный цикл в динамике экосистем, назвав его адаптивным циклом. В продолжении фазы К, которую в традиционных концепциях часто называют климаксом, ресурсы становятся всё более труднодоступными, истощаются, и система прогрессирующе становится менее гибкой и отзывчивой на внешние шоки. В конечном счёте, неизбежно следует фаза хаотического коллапса и освобождения от взаимозависимостей – Ω (collapse and release phase), которая быстро ведёт к фазе реорганизации – α (phase of reorganization). Внешние причины качественных перестроек экосистем: В ответ на существенные многолетние климатические изменения; в ответ на антропогенные воздействия; в ответ на инвазии видов-вселенцев. Озеро Dangxiong Co (Тибет, 4400 м н.у.м.): в 2004 г. вселили Artemia sinica. Экосистема озера перешла в новое состояние (Jia Q., Anufriieva E., Liu X., Kong F., Zheng M., Shadrin N. 2015. Intentional introduction of Artemia sinica (Anostraca) in the high-altitude Tibetan Lake Dangxiong Co: the new population and consequences for the environment and for humans. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 33 (6): 1451–1460. http://dx.doi.org/10.1007/s00343-015-4371-8). Дестабилизация экосистем открывает двери видам вселенцам. Дестабилизированная экосистема: двери открыты (фазы Ω и α), экосистема в устойчивом состоянии: двери закрыты (фазы r и K).

В настоящее время продолжают существовать два взгляда на динамику экосистем: 1. нет дискретных альтернативных состояний, все есть лишь плавные и непрерывные изменения, просто мы недостаточно часто проводим наблюдения; 2. в динамике экосистем существуют как непрерывные изменения, так и дискретные альтернативные состояния и их скачкообразная смена. С самого начала развития понятия «сукцессия» существует также различие точек зрения о детерминированности (Frederic Clements) и случайности (Henry Gleason) в развитии сообществ. Это продолжает вызывать споры и сейчас. Следует вспомнить при этом слова Г.Г. Винберга (1981) о том, что всё, что мы видим - лишь одна из реализаций всего эвентуально возможного. Только длительные непрерывные наблюдения, проводимые на биостанциях, способны решить вопросы: что адекватней отражает реальную динамику экосистем? Каково соотношение непрерывности и дискретности, закономерности и случайности? Долговременные стационарные исследования на водоемах могут обеспечить развитие и детализацию Концепции множественности устойчивых состояний экосистем с тем, чтобы она стала реальной теоретической основой прогнозирования возможных сценариев будущих изменений водных экосистем и их устойчивого менеджмента. Биостанции на небольших водоёмах могут играть в этом лидирующую роль. Не будем забывать, что «чем меньше водоем, тем глубже наука», - так любил говорить Г. Г. Винберг. DOI. 10.13140/RG.2.1.4951.9766 – ppt презентация.