

Физическая география и геоэкология

УДК 577.4 + 581.524

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2019-1-5-13>

К ВОПРОСУ О СПЕЦИФИКЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ АКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

О.А. Тихомиров

Тверской государственный университет, г. Тверь

В статье рассматриваются современные вопросы морфологического строения аквальных комплексов равнинных водохранилищ. Приводится понятие элементарного аквального комплекса. Рассматриваются морфолого-морфометрические особенности аквальных комплексов. Обсуждаются подходы к разработке типизация водохранилищ по морфолого-морфометрическому строению.

***Ключевые слова:** элементарный аквальный комплекс, морфологическое строение, водохранилища*

Аквальный комплекс, являясь одним из видов географического комплекса, может быть назван геосистемой (географической системой), так как обладает системными свойствами – совокупностью взаимосвязей элементов различного происхождения, определяющей его целостность; иерархичностью, пространственной упорядоченностью элементов и комплексов разных рангов.

Аквальный комплекс (АК) – водная геосистема, совокупность тесно связанных друг с другом природных компонентов (воды, донных отложений или затопленных почв и гидробионтов), образующих единое целое, объединенных общим местоположением и процессами обмена вещества и энергии. В пределах водохранилищ они создают своеобразные аквальные ландшафты со сложным специфическим набором структурных единиц. По компонентному (вещественному) составу аквальные комплексы сходны с наземными, т.к. включают горные породы ложа водоема, водную массу, донные отложения, придонный слой воздуха и живые организмы. В соответствии с ландшафтным подходом основными ступенями внутреннего территориального устройства аквального ландшафта являются аквальные фация, урочище и местность. Элементарный аквальный комплекс (фация) состоит из придонной подсистемы, характеризующейся однородными условиями местоположения в рельефе дна (соответствующего микроформе рельефа), однотипными донными отложениями, одним гидробиоценозом, и подсистемы водной толщи разной степени динамичности и физико-химических свойств. Выделяются аквальные комплексы с полным и неполным набором компонентов. Возможно отсутствие высшей

растительности или затопленных почв. Единство аквального комплекса проявляется в общем местоположении, вертикальных связях между компонентами (донными отложениями, водой, растениями), единстве гидробиоценоза. Аквальные геосистемы в ранге урочища включают сопряженное сочетание фаций, формирующихся на одной форме мезорельефа, с близкими по свойствам донными отложениями, водными массами и растительными сообществами, объединенными общей направленностью процессов.

Типизация водохранилищ по морфолого-морфометрическому строению позволяет выделить речные, озерно-речные и озерные аквальные ландшафты, обладающие определенным набором аквальных комплексов более низкого иерархического уровня. Аквальные ландшафты представляют собой систему соподчиненных аквакомплексов, создающих динамическое структурно-функциональное целое. Их функционирование характеризуется высокой открытостью и динамичностью. Быстрые трансформации ландшафтов связаны как с динамичностью внешних потоков вещества и энергии, так и с регулирующей деятельностью человека.

Важными критериями выделения аквальных ландшафтов являются характер водооборота (коэффициент интенсивности водного обмена), степень транзитности водных масс, солеобмен, особенности круговорота вещества и химических элементов [4;15;16 и др.].

Водные комплексы, используемые человеком, преобразованные или искусственные, будучи объектом геоэкологического исследования, могут рассматриваться как геосистемы, формирование которых происходит в результате взаимодействия природных факторов и различных видов деятельности населения. Как любая геосистема, АК характеризуется составом (набором вещественных компонентов), морфологическими чертами, пространственной структурой и функциональной организацией, которую можно определить как систему связей между элементами, обеспечивающую процессы перемещения, обмена и трансформации вещества и энергии.

В ходе трансформации наземных ландшафтов появляются или преобразуются природные компоненты (вода, грунт, гидробионты), создающие вертикальную структуру водного ландшафта. Своеобразие геосистемам водохранилищ придают затопленные почвы, сохранившие во многих случаях свое морфологическое строение.

Пространственные закономерности сочетаний компонентов и их роль в функционировании водных объектов существенно отличаются от таковых в наземных географических системах. Специфика АК определяется прежде всего свойствами водной среды: повышенной по сравнению с воздухом плотностью, текучестью и ее следствиями – высокой динамичностью, оптическими свойствами, ограничивающими возможности развития фотосинтезирующих растений, большой ролью газового режима и вещества, взвешенного и растворенного в водной среде. Важнейшими факторами,

определяющими дифференциацию АК континентальных водоемов, являются глубина и характер ее изменения, скорость внутреннего водообмена и уровенный режим.

Пространственная вертикальная структура АК может быть выражена характеристиками геогоризонтов – относительно однородных слоев, образованных определенным набором и количественным соотношением геомасс, сменяющих друг друга по вертикали [3]. Важнейшими характеристиками при этом являются показатели содержания минерального и органического вещества, кислорода; кислотности, окислительно-восстановительного потенциала, а также механический состав и содержание биогенов (азота, фосфора, калия). Геогоризонтами являются: аэрогоризонт, гидрогоризонт, биогоризонт, фитогоризонт, мортгоризонт, горизонт донных отложений и затопленных почв (почвенно-грунтовый), литогоризонт. Внутри геогоризонтов возможно выделение подгоризонтов, или геогоризонтов второго порядка. При развитии воздушно-водной растительности в аэрогоризонте формируется вторичный аэрофитогоризонт. Гидрогоризонт может включать различные водные массы: поверхностные, придонные, сплавинные, внутриводоемные и др. В геогоризонте донных отложений выделяются подгоризонты илов, грубых минеральных частиц, органо-минеральные образования. Затопленные почвы представлены сохранившимися трансформированными генетическими горизонтами; литогоризонт – геомассами различного литологического состава. Фитогоризонт образован подгоризонтами придонных, погруженных и полупогруженных (плавающих на поверхности и воздушно-водных) и сплавинных растений. Остатки отмерших растений (мортгоризонт) могут откладываться на дне и в сплавинных телах.

Исходя из представлений классического ландшафтоведения [2; 11;12], основными ступенями внутреннего территориального устройства аквального ландшафта являются аквальная фация и урочище. Эти термины использованы К. Н. Петровым [9] при изучении подводных ландшафтов Черноморского побережья.

Предельная категория геосистемной иерархии АК – аквальная фация, включающая подводную (субаквальную) фацию в сочетании с располагающейся над ней водной массой. Таким образом, элементарная аквальная геосистема состоит из придонной подсистемы, характеризующейся однородными условиями местоположения, местообитания и одним гидробиоценозом, и подсистемы водной толщи различной степени динамичности.

Теснота вертикальных связей усиливается с уменьшением глубины и ослабляется в глубоководных водоемах. Аквакомплексы мелководий отличаются сильными связями между компонентами (подсистемами водной массы и дна), глубоководные геосистемы характеризуются приоритетным воздействием подсистемы водной массы на условия среды, большей степенью автономности придонных экосистем. Аквафации представляют

собой первичную функциональную ячейку водного ландшафта, взаимодействующую с соседними фациями и образующую более сложное единство – геосистемное сопряжение.

По классификации Б.Б. Польшова [10], элементарные водные геосистемы относятся к субаквальным фациям. Сюда поступает вещество, главным образом, терригенного происхождения с водосбора и образует донные отложения. Донный материал аккумулирует наиболее подвижные в данных условиях региона химические элементы. Живые организмы представлены гидрофильными видами растений и животных. В водных геосистемах условия разложения органических остатков отличаются недостатком кислорода, что ведет к образованию слабоминерализованных отложений, сапропелей, торфов и др.

Проведенные исследования [13;14;15 и др.] показали, что типы фаций (группы типов) могут выделяться по местоположениям на форме подводного рельефа: группы (серии) литоральных фаций, склоновых (переходных) – сублиторальных и глубоководного ложа. В соответствии с предложением Н.А. Солнцева [11;12] могут быть выделены классификационные категории от видов до классов фаций.

Аквальная геосистема в ранге урочища включает сопряженное сочетание фаций (гидробиогеоценозов), приуроченных к одной форме мезорельефа, одному типу грунтов и объединенных общей направленностью процессов. Например, полевые исследования показали, что урочище зарастающей литорали может включать набор мелководных фаций разной степени продуктивности: высоких растений, с плавающими листьями, погруженных растений, сплавин, незарастающей нижней части литорали (открытой водной поверхности) и др.

На относительно однообразных формах рельефа мелководного или глубоководного дна выделение границ урочищ возможно по особенностям донных отложений и растительных биоценозов. Крупные части водоемов: заливы сложной формы, заостровные участки, обширные плесы могут образовывать сложные урочища. Н.А. Солнцев [12] отмечает, что при невозможности картографирования фаций и урочищ, вследствие их дробности, возможно выделять системы (серии, комплексы) фаций и урочищ.

Особенности морфометрии, процессов и внешнего облика сопряженных урочищ позволяют выделить местности (верхних, средних и устьевых частей рек, по типам берегов и котловин озер и т. д.). Территориальные сочетания в пределах водоема групп урочищ и местностей создают аквальные геосистемы уровня ландшафта: озерного, речного, озерно-речного.

Классификация аквальных комплексов равнинных водохранилищ. Исходя из традиционных положений общего ландшафтоведения, классификация аквальных комплексов на уровне ландшафта предполагает учет важнейших процессов функционирования геосистем, зависящих от широтной зональности, секторности и высотной

ярусности. На наш взгляд, эти важнейшие закономерности могут быть положены в основу общей классификации аквальных ландшафтов.

Высокие уровни аквальных ландшафтов возможно выделять в соответствии с географическим положением водохранилища и гидротермическим режимом территории. Как и у наземных ландшафтов [7], выделяются зональные ряды аквальных ландшафтов по теплообеспеченности: субарктические, бореальные, суббореальные, субтропические. Положение в ряду увлажнения от гумидных до экстрааридных условий определяет выделение речных геосистем: гидрокарбонатных, гидрокарбонатно-сульфатных, сульфатных – и озерных геосистем: карбонатных, сульфатных и хлоридных разной степени минерализации. Аквальные комплексы одного типа имеют одинаковую структуру, функционирование и динамику. Общность геосистем одного типа проявляется в структуре, продуктивности, запасах биомассы, биологическом круговороте, геохимических процессах, протекающих в донных отложениях. Внутри типов по теплообеспеченности могут быть выделены переходные зональные подтипы – северные, типичные и южные (таежные, тундровые и др.). По положению в рельефе (гипсометрическому фактору) выделяются классы ландшафтов водохранилищ – равнинные и горные, и подклассы – низменные и возвышенные. Критерием выделения вида ландшафта является его фундамент: структурные особенности, состав и форма рельефа (генезис, набор компонентов, морфология).

Рядом исследователей [8;9;14] сделаны попытки изучения отдельных участков водохранилищ с использованием ландшафтной классификации и выделением урочищ и фаций в зоне затопления и прибрежных участков по местоположению и формам подводного рельефа. На наш взгляд, при выделении крупных единиц аквальных комплексов на уровне ландшафта, прежде всего, должен учитываться водный режим (речного, озерного, переходного типов) и особенности морфолого-морфометрического строения. Именно эти характеристики определяют тип аквального ландшафта. Рельеф затопленной долины реки или котловины озера, морфолого-морфометрические характеристики создают основные первичные морфогидрологические условия формирования аквального ландшафта, которые совместно с режимом регулирования стока определяют водный режим водохранилищ на определенной акватории. Именно условия водообмена определяют основные черты аквального ландшафта в целом. Дальнейшая дифференциация водоема на морфогидрологические районы и участки дает возможность выделять местности и урочища, с гидробиоценозами, тяготеющими к реофилии или лимнофилии. Исследования автора на верхневолжских водохранилищах позволили установить, что устойчивыми признаками при классификации аквальных комплексов (геосистем) на уровне фаций и урочищ являются местоположение в пределах акватории на элементе подводного рельефа и гидродинамическая активность водоема [14;15]. Ряды сопряженных

местоположений обуславливают главные различия между элементарными геосистемами. Аквальные фации закономерно распределяются по профилю глубин в соответствии с общими микроразональными условиями природной среды. Как и у наземных фаций, определяющим в этом выделении является установление основных типов их местоположения в сочетании с типом водного регулирования. В соответствии с подводными местоположениями различаются состав организмов (биоценозов), механические и химические свойства донных отложений (подводных почв), условия минерализации органических остатков, содержание гумусовых веществ в воде и грунте.

Группа глубоководных местоположений аквальных фаций формируется за счет внутриводоемных процессов, при ослабленном косвенном воздействии водосбора, накоплении вещества на дне, преимущественно за счет седиментации в пелагиальной части водоема. Пелагиально-профундальные элементарные геосистемы отличаются составом и характером процессов в поверхностных и придонных водах. Выделение типов фаций связано с особенностями строения затопленной котловины: котловинные пелагиально-профундальные фации с постоянным затоплением и пойменные фации обычно с регулярным проточным режимом (переменного характера). Пойменные фации отличаются динамизмом и разнообразием в зависимости от микрорельефа и продолжительности затопления.

Сопряженная система аквальных фаций, объединенных общей направленностью внутриводоемных процессов и приуроченных к одной форме мезорельефа с однотипными глубинами, донными отложениями и водными массами образует аквальное урочище. Примером могут быть урочища защищенной литорали залива, открытой литорали, сублиторали и пелагиали. Урочище защищенной литорали может включать ряд аквальных фаций различной степени зарастания и накопления макрофитных отложений и илов с водной массой разной степени трофности. Урочища открытой литорали обычно образованы фациями частей склона разной степени (сильной, умеренной или слабой) разрушения дна (эродированности), различной гранулометрической крупности частиц грунта и почв, насыщенности фитопланктоном, с водной массой от олиготрофной до эвтрофной. Сублиторальные и глубоководные (профундально-пелагиальные) урочища формируются на формах рельефа дна в зависимости от сочетаний субстрата, бентосных биоценозов и особенностей гидрологических и гидробиологических условий водной массы. Возможно выделение местности как сочетания однотипных урочищ.

Морфолого-морфометрические особенности аквальных комплексов водохранилищ. Типизация водохранилищ по морфолого-морфометрическому строению позволяет выделить: 1) речные (пойменные и русловые), 2) озерно-речные (долинные) и 3) озерные (долинно-котловинные) или озеровидные – со сложными конфигурацией и строением долины – сложные аквальные ландшафты. Б.Б. Богословский [4] предложил

ряд признаков выделения водных объектов. У первых двух типов (речных и озерно-речных) длина значительно превышает ширину, и ширина уменьшается к верхней части водохранилища. Для озеровидных ландшафтов характерны сопоставимые параметры ширины и длины. Русловым ландшафтам водохранилищ свойственны высокие скорости течений, близкие к речным скоростям. В озерно-речных (долинных) ландшафтах выделяются более активная гидродинамическая зона, приуроченная к бывшему речному руслу, и зона с меньшими скоростями течения и водоворотной циркуляцией на затопленной пойме и террасах речной долины.

В озеровидных ландшафтах водохранилищ центральная часть и открытая литораль характеризуются максимальной гидродинамической активностью, которая определяется прежде всего ветро-волновым режимом и в меньшей мере стоковыми течениями (прямыми и обратными). Обширные мелководные защищенные АК образуют гидродинамически застойные зоны, водообмен в которых происходит при сработке и наполнении водохранилища. Изученные водохранилища [13;14;15] представлены речными (руслового и долинного типов) ландшафтами, озерно-речными (долинного и долинно-котловинного типов), образованными на реке Волге (Иваньковское, Угличское, Рыбинское водохранилища), на цепочке проточных долинных озер (Верхневолжское водохранилище), а также в котловине озера на водораздельном участке (Удомельское водохранилище).

Расчеты морфолого-морфометрических показателей (выделение гидрологических районов), измерение скоростей течения, вычисление показателей водообмена, длительные полевые наблюдения за режимом обводнения и осушения, данные по уровенному режиму позволили предложить ряд критериев выделения аквальных ландшафтов на уровне типа для условий верхневолжских водохранилищ. К основным критериям нами отнесены устойчивость или поочередная смена речного и озерного водного режимов, скорости течения, максимальная высота волны, коэффициент удлиненности (озеровидности), коэффициент водообмена, относительно устойчивая ширина (соотношение длины и ширины) участка. Коэффициент водообмена участков (интенсивность водообмена – по И.Ф. Фомичеву [16], оценивался как отношение притока к объему воды на участке. По предложенным критериям автором выделены аквальные ландшафты в пределах верхневолжских водохранилищ [13;14;15].

От морфолого-морфометрических особенностей ландшафтов водохранилищ (длины, ширины, глубины, конфигурации) во многом зависят величина и направление ветрового волнения, которые, в свою очередь, влияют на переформирование берегов и дна (образуя абразионно-эрозионные АК), развитие водной растительности (биогенно-аккумулятивные АК), процессы седиментации (нейтральные, пелоаккумулятивные АК) и гидродинамический режим. В речных ландшафтах водохранилищ высоты волн обычно не превышают 0,5 – 0,8 м, в озерно-речных составляют 1 – 1,5

м, в озерных – достигают 2 – 3 м. Уменьшение скоростей течения по сравнению с рекой приводит к аккумуляции взвешенных твердых частиц. В русловых участках накапливаются наиболее крупные частицы (гравий, крупный песок), в озерно-речных ландшафтах – песок и крупные фракции ила, в озеровидных – наиболее тонкодисперсные илистые частицы. В среднем в пелагиальных АК водохранилищ задерживается около 90–95% донных взвешенных наносов.

Седиментационная и аккумулятивная способность усиливается последовательно от речных к озерно-речным и озерным аквальным ландшафтам водохранилищ (от транзитных к транзитно-аккумулятивным и аккумулятивным). Содержание биогенных элементов и скорость их круговорота увеличивается от речных к озерным ландшафтам, что ведет к возрастанию биогенного стока в аквальных комплексах водохранилищ [1;5;6;17 и др.]. В результате отложения наносов и размыва берегов и дна происходит нивелирование рельефа котловины и уменьшение извилистости береговой линии, что обеспечивает формирование аккумулятивных и эрозионных минеральных АК. По направлению к плотине от русловых до озеровидных (озерных) ландшафтов возрастает неоднородность термического режима (по длине, ширине и глубине). Озеровидные ландшафты долинных водохранилищ отличаются от естественных озер нестабильным характером изменения температур с глубиной и довольно высокой температурой придонных слоев вследствие интенсивного перемешивания под действием ветровых и стоковых течений, а также сброса воды из верхних частей водохранилища.

Список литературы

1. Авакян А.Б., Шарапов В.А. Водоохранилища гидроэлектростанций СССР. М., 1968.
2. Берг Л.С. Фации, географические аспекты и географические зоны. Изв. Всеросс. геогр. об-ва, Т. 77, 1945. Вып. 3.
3. Беручашвили Н.Л. Геофизика ландшафта. М., 1986. 287 с.
4. Богословский Б.Б. О водообмене водных масс водных объектов // Круговорот веществ и энергии в озерных водоемах. Новосибирск, 1975. С. 270–275.
5. Денисов Н.Б. Формирование внутригодовой изменчивости окрашенных веществ в водохранилищах. Автореф. дис...канд. геогр. наук. М., 1993.
6. Денисова А.Н. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепровского каскада. Киев, 1979. 289 с.
7. Исаченко А.Г. Прикладное ландшафтоведение Л., 1976.
8. Назаров Н.Н. Переработка берегов равнинных водохранилищ России // География и природные ресурсы. М., 2006. № 4. С. 12-19.

9. Петров К.М. Подводные ландшафты Черноморского побережья. «Изв. ВГО», 1960, Т. 92, вып. 5., СПб., 1996. 20 с.
10. Польшов Б.Б. Избранные труды. М., 1956. 751 с.
11. Солнцев Н.А. Некоторые дополнения и уточнения в вопросе о морфологии ландшафта. Вестн. МГУ. Сер. геогр., 1961. № 3. С. 53-67.
12. Солнцев Н.А. О природных аквальных комплексах Мирового океана. Избранные труды: «Учение о ландшафте». М., 2001. С. 256-266.
13. Тихомиров О.А. Формирование мелководий Иваньковского водохранилища и перспективы их хозяйственного использования. Автореферат дис. ... канд. геогр. наук. Калинин, 1975.
14. Тихомиров О.А. Классификация и оценка экологического состояния аквальных геоэкосистем Верхней Волги //Проблемы региональной экологии. № 1., 2005. С. 28-36.
15. Тихомиров О.А. Динамика аквальных комплексов равнинных водохранилищ. Тверь, 2008. 308 с.
16. Фомичев И.Ф. Многолетние изменения элементов гидрологического режима Рыбинского водохранилища. Пермь, 1982. 14 с.
17. Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М., 1998. 274 с.

TO THE QUESTION ABOUT THE SPECIFICS OF THE MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF AQUATIC COMPLEXES OF THE LOWLAND RESERVOIRS

O. A. Tikhomirov

Tver state University, Tver

The article deals with the current issues of the morphological structure of the aquatic complexes of plain reservoirs. The concept of an elementary aquatic complex is given. Morphological and morphometric features of aquatic complexes are considered. Discusses approaches to developing a classification of reservoirs according to morphological and morphometric structure.

Keywords: *elementary aquatic complex, morphological structure, reservoirs*

Об авторе:

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – заведующий кафедрой физической географии и экологии ТвГУ, доктор географических наук, профессор, tikhomirovoa@mail.ru