

## **Физическая география и геоэкология**

УДК 627 + 556.55

### **НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ АКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РАВНИННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ**

**О.А. Тихомиров**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Рассматриваются вопросы распределения аквальных геосистем равнинных водохранилищ, оценивается их экологическое состояние.

**Ключевые слова:** *аквальные комплексы, водохранилище.*

В научных публикациях, посвященных водохранилищам, накоплен значительный материал, характеризующий закономерности осадконакопления и распределения донных отложений. Донные отложения и затопленные почвы являются основными индикаторами для выделения границ аквальных комплексов. При всем разнообразии грунтов (по мощности, механическому и химическому составу) возможно выделение серии, близких по генезису аквальных комплексов, в том числе на уровне вида, занимающих сравнительно большие пространства в пределах водохранилищ. Песчаные отложения позволяют выделить площади серий псаммокомплексов, илы – пелокомплексов, макрофитные отложения – фитокомплексов, почвы – педокомплексов. В ходе экспертной оценки для анализа распределения аквальных комплексов, кроме материалов автора ([7,8] и др.) привлечены данные В.П. Курдина [4], В.И. Денисовой и др. [2], В.М. Широкова [6], В.В. Законнова, С.А. Поддубного [3], Н.К. Эдельштейна [12], О.В. Филиппова [11], С.А. Дубняк [1] и др.

**Абразионно-эрозионные и абразионно-аккумулятивные аквальные комплексы (псаммокомплексы, аргиллокомплексы).** Формирование аквальных комплексов начинается одновременно с заполнением чаши водохранилища. В новых условиях происходит гидродинамическое разрушение почв и материнских пород. На участках дна долины, поверхности поймы и террас активизируются абразионно-эрозионные, обвальные, осыпные и оползневые процессы. Размываемые комплексы наиболее широко распространены в равнинных водохранилищах степей, но занимают лишь 15–30 % береговой линии в водохранилищах лесной зоны.

Это связано с характером растительного покрова и с пониженной, сравнительно с другими зонами, расчлененностью рельефа европейской территории России и Западно-Сибирской низменности. Общая зональ-

ность сглаживается на территории Восточной Сибири. Так, в Красноярском водохранилище, по данным В. М. Широкова [6], размываемые берега составляют 71 % общей длины береговой линии. Следует отметить, что размываемые участки преимущественно представлены песчаными породами (серии псаммокомплексов), в редких случаях с участием камней различной крупности и валунов (образуя переходные серии: псаммокомплексы с включением гравия, гальки и камней – псаммолитофильные или аргиллолитофильные комплексы), и очень редко встречаются каменистые (литофильные) комплексы. Средняя ширина абразионных отмелей составляет 20–40 м, максимальная – 100–200 м (Волгоградское, Новосибирское, Цимлянское водохранилища и др.). Площади, занимаемые абразионными геосистемами, достигают от 2 до 123 км<sup>2</sup>, в процентном отношении эти колебания составляют от 0,34 до 3,8 % от площади водоемов. По нашим наблюдениям [8], абразионные участки на Ивановском водохранилище занимают – 3,9 км<sup>2</sup> (или 1,2 % от площади зеркала водоема), на Верхневолжском – около 1%, на Угличском водохранилище – 2 км<sup>2</sup> (0,8%). На Новосибирском водохранилище площадь абразионных геосистем составляет 15 км<sup>2</sup> (1,4 %), на Куйбышевском – 36 км<sup>2</sup> (0,6 %), на Цимлянском – 50 км<sup>2</sup> (1,9 %) [6;12]. Максимальные абсолютные площади абразионных аквальных комплексов на днепровских водохранилищах приходятся на Каховское водохранилище – 27,9 км<sup>2</sup> [1], а среди волжских водохранилищ, по данным О.А. Филлипова [11], на Волгоградское – 123 км<sup>2</sup>. Общая площадь абразионных комплексов крупных водохранилищ европейской России и Украины приближается к 300 км<sup>2</sup>.

Возникновение эрозионных аквакомплексов, их дальнейшее функционирование связаны с геологическими, геоморфологическими и гидродинамическими факторами. Формирование нового подводного рельефа определяется течениями, уровенным режимом, ветровыми и судовыми волнами; физико-химическим (растворяющим) воздействием на горные породы и др. В большинстве водохранилищ на первое место по энергетическому потенциалу выходит ветровое волнение.

*Зонально-провинциальные особенности формирования литоральных аквальных комплексов.* На территории России возможно выделить типологические группы водохранилищ, различающиеся характером формирования аквальных комплексов. В основу разделения водохранилищ положены три основных признака: особенности затопленного рельефа, уровенный режим и характер водосборной территории. По особенностям рельефа и гидрологического режима выделяются равнинные: долинные речные, озерно-речные и котловинные озерные ландшафты водохранилищ. Режим регулирования водоемов определяет характер колебаний уровня воды и режим взаимодействия водной массы с дном и берегами. Равнинные долинные водохранилища имеют небольшие колебания уровня, не превышающие обычно 6–8 м в год и 0,5–2,5 м в период навигации.

Расчет размывающей энергии волн дает величины от 800 т/ч на 1 м погонной длины берега при высоте волны в 1 м и до 4500 т/ч при увеличении высоты волны до 2 м. Сопоставив эти значения с сопротивлением различных пород размыву, можно предположить, что волны высотой 1 м способны размывать практически все осадочные породы, а при высоте 2 м возможно разрушение и трещиноватых скальных берегов [10].

Рядом с размываемыми участками дна наблюдается отложение крупнозернистых песков, ведущих к формированию аккумулятивных минеральных комплексов. Количественные данные о размыве дна и аккумуляции очень ограничены. В Рыбинском водохранилище слой разрушения на мелководьях составил 0,4–0,6 м. [4]. Отмечено, что размыв островов не завершается на линии уреза, а продолжается до глубин 2–3 м и более. Измерения на Цимлянском водохранилище выявили участки мелководий, где слой размыва достигал 2–3 м. Потенциальная площадь размыва, определенная по коэффициенту вертикальной турбулентности, в днепровских водохранилищах составила от 11 до 23 % площади дна, а в Цимлянском водохранилище – почти треть, в Рыбинском – более 20 % [3].

Влияние уровня режима водохранилищ заключается в перемещении по вертикали зоны действия волн и течений. В период весеннего наполнения зона гидродинамических процессов смещается вверх, из нее выходит часть дна мелководий, в период осенне-зимней сработки зона действия волн опускается ниже ее положения во время летней стабилизации. Амплитуда между крайними положениями уровня в большинстве равнинных водохранилищ колеблется от 1,0 до 6–7 м. Подобный уровень режим стимулирует волновой размыв берегов, так как периодически дестабилизирует вырабатываемый профиль, препятствуя стабилизации аквальных геосистем. Следует отметить, что действие дрейфовых течений редко распространяется глубже 2–3 м, в придонных слоях могут возникать компенсационные течения, однако как те, так и другие нестабильны по направлению. Поэтому в процессе внутриводоемного перераспределения формирующего материала (трансседиментации), особенно его тонкодисперсной части, стоковые течения, несомненно, играют ведущую роль [2].

Особенности становления аквальных систем можно проследить по характеру формирующихся абразионных берегов в озерном ландшафте водохранилищ. На равнинных долинных водохранилищах с небольшими колебаниями уровня у приглубых берегов формируется сначала абразионная, а затем абразионно-аккумулятивная отмель. Подвижный аккумулятивный слой накапливается во время стояния высоких уровней и часто разрушается при низких уровнях воды [10]. Его площадь обычно существенно меньше площади, захваченной абразией и эрозией. Мощность этого слоя обычно определяется величиной колебания уровня и глубиной волнового воздействия. На равнинных долинных водохранилищах со значительной сработкой и многолетними колебаниями уровня мощность подвижного аккумулятивного слоя значительно больше. В литоральных зонах водо-

хранилищ многолетнего регулирования более четко выражены ступени, связанные с сезонными и межсезонными колебаниями уровня. Площади переформирования берегов значительно больше в связи с более широкой полосой волнового воздействия, в таких водоемах образуются обширные абразионные и эрозионные аквакомплексы.

Общие черты выделенных групп аквальных комплексов водохранилищ определяются общностью природных условий физико-географических регионов. Для водохранилищ Русской равнины в связи с созданием их в слабо врезанных и широких долинах характерны небольшие глубины и значительные размеры по площади. Территория большей частью сложена рыхлыми горными породами, что способствует развитию абразионных процессов.

*Абразионные и эрозионные аквакомплексы водохранилищ лесной зоны Русской равнины с небольшими колебаниями уровня.* Наиболее крупными долинными водохранилищами с преобладанием озерных и озерно-речных ландшафтов и небольшими колебаниями уровня воды в лесной зоне являются Иваньковское, Верхневолжское, Горьковское и Камское. Процессы формирования абразионных аквакомплексов происходят в этой зоне менее интенсивно, чем в степной. Отличия определяются климатическими условиями, (менее продолжительным навигационным периодом, по сравнению со степной зоной на 1–1,5 месяца, ограничивающим длительность абразии).

Долины водохранилищ этой территории не велики по размеру, что обеспечивает большие площади мелководных участков и широкое распространение низких отмелей берегов с эрозионными комплексами. Так, на Иваньковском и Киевском водохранилищах в связи с особенностями первичного рельефа литоральные комплексы (с глубинами менее 2 м) составляют соответственно 48 и 34 %. Здесь широко распространены открытые, нейтральные и на значительных участках макрофитные фитоаквакомплексы. С региональными отличиями природной среды связано своеобразие Камского водохранилища. Более возвышенная территория и значительный врез долины р. Камы определяют широкое распространение приглубых берегов с абразионными и пелагиальными геосистемами. Наличие карстующихся пород обусловило формирование абразионно-карстовых комплексов.

*Аквакомплексы водохранилищ степной зоны Русской равнины с небольшими колебаниями уровня.* Типичными долинными озерно-речными водохранилищами в степной зоне с небольшими колебаниями уровня являются Волгоградское и Днепровское. Эти водоемы имеют глубоко врезанные древние по возрасту долины рек. Водосборы сложены лессовидными рыхлыми породами, подверженными разрушению под воздействием ветровых волн, а также за счет процессов размокания, растворения и выветривания. Разрушение лессовых отложений приводит к образованию абразионных комплексов, при этом большая часть материала выносится во

взвешенном состоянии и не участвует в формировании абразионно-аккумулятивной отмели. В результате отмель длительное время сохраняет абразионный характер, процесс затухания переработки берегов более длителен по сравнению с участками, сложенными более рыхлыми породами. В этой зоне климатические условия более благоприятны для развития процессов эрозии и абразии, чем в лесных ландшафтах [Финаров, 1973].

*Аквакомплексы долинных водохранилищ степной зоны Русской равнины со значительными колебаниями уровня.* Каховское и Цимлянское водохранилища образованы в южной части степной зоны в низовьях крупных рек, где распространены малоустойчивые лессовые породы. Основная часть береговой линии (65–85%) подвергается интенсивному переформированию, осложненному процессами подтопления и суффозии.

Кроме того, в степной зоне длительность безледоставного периода значительно больше, чем на водохранилищах лесной зоны, что определяет более интенсивное формирование абразионных и эрозионных аквакомплексов. Максимальные величины полосы абразионно-эрозионных участков водохранилищ лесостепной и степной зон за 10 лет достигают 180–220 м, а в лесной зоне максимальные величины составляют лишь 40–60 м [10].

**Формирование биогенных аквальных комплексов.** Гидробионты являются важным источником поступления вещества в водоем. В пределах своего распространения в водохранилище растительность активно влияет на процесс формирования аквальных геосистем. На зарастающих мелководьях идет образование грубого материала с высоким содержанием органического вещества и со скоростью, более высокой, чем на глубоководных участках водоема [7,8,9]. Высшая водная растительность не только источник формирующего материала, но и активный поглотитель химических веществ. В результате в водохранилищах формируются системы биогенных комплексов разной степени зарастания и сплавнины. Площади густых зарослей и макрофитные отложения различной степени разложения являются индикаторами выделения фитокомплексов.

Широкая экологическая амплитуда многих видов растений позволяет им развиваться в разнообразных гидродинамических условиях, создавая серии фитокомплексов. Водные растения в водохранилищах образуют преимущественно простые фитоценозы: одновидовые или маловидовые, просто устроенные, в большинстве случаев одноярусные. Высшая растительность играет важную роль в биотическом балансе литорали. По мере старения водохранилищ, усиления процессов зарастания и увеличения продукции роль фитокомплексов в биотическом балансе возрастает.

Фитокомплексы образуют серии видов водных геосистем, различающихся по видовому составу, биомассе, свойствам донных отложений и водной массы:

1) аквальные комплексы погруженных растений; 2) аквальные комплексы прикрепленных с плавающими листьями и свободно плавающими растениями (часто образующие общую зону зарастания в пределах одной фор-

мы рельефа); 3) аквальные комплексы воздушно-водных растений; 4) сплавинные аквальные комплексы.

На границе суши и водоема растительность болотных лугов может создавать переходные (осоковые, манниковые) комплексы зоны временного зарастания. Большинство растительных сообществ равнинных водохранилищ характеризуются высокими количественными показателями биомассы, что в первую очередь относится к воздушно-водной растительности. Средние показатели сырой фитомассы травостоя для растительности большинства сообществ с плавающими листьями и погруженной растительности составляют 1–2 кг/м<sup>2</sup>, для воздушно-водных растений – до 5–7 кг/м<sup>2</sup>. Максимальную фитомассу (более 1000 г/м<sup>2</sup> в воздушно-сухом весе) образуют фитокомплексы сильного зарастания. Колебания фитомассы воздушно-водных макрофитов составляет от 500 до 1900 г/м<sup>2</sup>. В условиях умеренного развития растительности, погруженная растительность, создает фитомассу в среднем (в сухом весе) от 80 до 1150 г/м<sup>2</sup>. Аквакомплексы слабого зарастания с погруженными растениями образуют наименьшую фитомассу – 60–600 г/м<sup>2</sup>. Анализ показывает, что в крупных водохранилищах Волжского и Днепроовского каскадов фитокомплексы занимают сотни квадратных километров, достигая максимальных показателей в Ивановском, Кременчугском, Киевском водохранилищах. По абсолютным площадям, занятым биогенными аквакомплексами, выделяются водохранилища Днепроовского каскада, что определяется более благоприятными морфолого-морфометрическими и гидрологическими характеристиками, позволившими обеспечить высокую степень зарастания крупных водохранилищ (2–32 %). В пределах Волжского каскада фитоаквакомплексы наиболее распространены в средних по размерам водохранилищах (Ивановское, Угличское). В крупных водоемах основная биомасса сосредоточена в защищенных участках по заливам, в которых создаются благоприятные условия для формирования особых донных отложений, водной массы и бентосных сообществ.

***Педокомплексы и пелокомплексы водохранилищ.*** После заполнения водохранилища основная часть затопленного дна представлена почвенными (педо-) комплексами. Со временем их площади уменьшаются за счет активных эрозионных процессов. Однако на некоторой части дна сохраняются условия равновесия между взаимодействующими водными массами и рельефом водоема. В результате формируются условно нейтральные (переходные) геосистемы, высланные затопленными почвами, сохранившими свое морфологическое строение и свойства [7,8]. Почвы подвергаются разбуханию (пептизации), слабой эрозии или слабому заилению, иногда опесчаниванию. В условиях защищенных заливов и сублиторали активно развиваются процессы оглеения. В глубоководной зоне основными процессами трансформации педокомплексов является заиление.

Автохтонный и аллохтонный материал в чаше водохранилища подвергается действию комплекса внутриводоемных процессов, ведет к осаж-

дению ила и формированию пелокомплексов. Наиболее активно эти процессы протекают в пелагиальной части и заливах водохранилищ.

Аквальные пелокомплексы наиболее широко распространены в наименее проточных Каховском и Цимлянском водохранилищах, где ими занято около 80 % площади дна. Меньше всего их площадь в Днепродзержинском и Каневском водохранилищах: 40 и 43 %. В этих же водоемах сравнительно широко распространены заиленные пески, что свидетельствует о достаточно обширном ареале неустойчивого (сезонного) илонакопления. Расчеты, проведенные А.Н. Денисовой и др. [2], показали, что нулевая площадь илонакопления соответствует проточности в 42 см/с, т. е. речным условиям. Однако недостаточная плотность поля точек предопределила расшифровку зависимости в виде средних, наибольших и наименьших значений площадей, соответствующих интервалам проточности. В самом «старом» Запорожском водохранилище объем илов не превысил 3,5 %, в Кременчугском и Каховском – 2 % объема при НПУ, в Цимлянском и Новосибирском – 1–2 %. При сохраняющихся темпах илонакопления для заполнения чаши потребуются несколько сотен лет.

Относительно медленное заполнение илом объема водохранилища в целом не исключает интенсивного накопления их на отдельных морфометрических участках. Процесс илонакопления в заливах первой группы имеет общие черты с небольшими водохранилищами, а второй – с основным водоемом.

Проведенная характеристика донных отложений в различных водоемах позволяет сделать вывод о том, что в крупных равнинных водохранилищах характер распределения отложений и скорости их накопления имеют общие черты, обусловленные гидродинамической энергией водных масс. Этот процесс в крупных равнинных водохранилищах носит в основном азональный характер, что определяет значительную общность состава и свойств отложений в пелокомплексах водоемов.

Распределение аквакомплексов связано с особенностями морфометрии, режима регулирования, развития гидродинамических и биологических процессов и возраста водоемов. Наиболее значительно в водохранилищах представлены пело- и псаммокомплексы, в меньшей мере слабоизмененные педокомплексы и фитокомплексы. Площади псаммокомплексов составляют от 12 % (Иваньковское водохранилище), до 50–70 % (Рыбинское, Куйбышевское, Саратовское) от общей площади водоемов. Пелокомплексы занимают от 11% (Саратовское) до 64, 67 и 80 % (Угличское, Новосибирское, Цимлянское водохранилища). Педокомплексы сохранились на площади от 6 % (Иваньковское) до 13 % (Новосибирское, Саратовское, Куйбышевское водохранилища).

Наименее широко в водохранилищах представлены фито- и сплавинные комплексы (от 0,4 % до 2,4 % – Волгоградское, Саратовское, Камское). Исключение составляет Иваньковское водохранилище, где фито-

комплексы сформировались на значительной площади и занимают 27, 6 % от зеркала водоема.

Переработка берега, разрушение дна ведут к образованию литоральных комплексов, подстилаемых крупнодисперсным материалом (обычно песками), и формируют псаммокомплексы. Взмучивание и транс-седиментация, сортируя грунтообразующий материал, перемещают его тонкодисперсную часть на глубоководные участки. В результате в глубоководной зоне водоема (озеровидном приплотинном участке, затопленных руслах и старицах) формируются пелагиально-профундальные пелокомплексы. В условиях защищенных мелководий распространены биогенные комплексы. Для крупных равнинных водохранилищ характерным является чередование участков с песками и разной степени заиления от верховьев к плотине и от береговой и островной литорали к затопленному руслу.

Анализ материалов исследований показал, что можно выделить три типа аквальных ландшафтов водохранилищ по характеру распределения отложений на дне. Первый имеет равное или преимущественное участие в формировании отложений продуктов размыва берегов. В результате на ряде крупных равнинных водохранилищ (Рыбинском, Саратовском, Куйбышевском и др.) преобладают псаммокомплексы. Для второго типа характерно преобладающее поступление вещества с речным стоком. В таких водохранилищах переход от песков к илам четко прослеживается от верховьев к плотине, а в поперечном направлении выражен слабо. К ним относится небольшое (объемом менее 1 км<sup>3</sup>) равнинное Дубоссарское водохранилище.

В различных долинных водохранилищах распределение водных комплексов по площади дна сходно. Пелоаквакомплексы с тонкодисперсными илами располагаются в профундальной части водоема, распространяясь вверх по затопленному руслу. Псаммоаквакомплексы формируются в виде отмелей в прибрежной зоне, а промежуточная занята песчанистыми илами и педокомплексами, сохранившими строение почв.

Распределение аквальных комплексов связано с особенностями морфометрии, режима регулирования, развития гидродинамических и биологических процессов и возраста водоемов. Наиболее значительно в водохранилищах представлены пело- и псаммокомплексы, в меньшей мере – слабоизмененные педокомплексы и фитокомплексы. Аквакомплексы, сохранившие строение почв (педокомплексы), представлены на площади от 6 до 13 %. Наименее широко в водохранилищах распространены фито- и сплавинные комплексы.

Характер распределения аквальных геосистем в долинных водохранилищах по площади дна однотипен. Пелоаквакомплексы с тонкодисперсными илами располагаются в профундальной части водоема. Псаммоаквакомплексы формируются в прибрежных условиях, а промежуточная зона занята песчанистыми илами и педокомплексами.



### **Список литературы**

1. Дубняк С.А. Методика и результаты исследований динамики берегов днепровских водохранилищ // тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов»: Пермь, 2007. Т.1., С.149–154.
2. Денисова А.Н., Нахшина Е.П., Новиков Б.Н. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. Киев, изд-во «Наукова думка», 1987. 180 с.
3. Законов В.В., Поддубный С.А. Изменение структуры донных отложений в Рыбинском водохранилище // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. С. 200–209.
4. Курдин В.П. Основные положения о процессах образования грунтов в верхневолжских водохранилищах // Тр. Совещаний ихтиолог. Комиссий АН СССР. Л., изд-во «Наука», 1961. С. 53–60.
5. Курдин В.П. Классификация грунтов верхневолжских водохранилищ // Тр. Института биол. внутр. вод РАН. Л., 1995. С. 50–55.
6. Широков В.М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири. Новосибирск, изд-во «Наука», 1974. 240 с.
7. Тихомиров О.А. Подходы к классификации аквальных ландшафтов // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: Материалы XI Междунар. ландшафтной конф. М., 2006. С. 595–598.
8. Тихомиров О.А. Динамика аквальных комплексов равнинных водохранилищ. Монография. Тверь, изд-во ТвГУ, 2008. 308 с.
9. Тихомиров О.А. Трансформация морфологической структуры аквальных комплексов равнинного водохранилища // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. М., 2010. №1. С. 44-49
10. Финаров Д.П. Теоретические вопросы переформирования берегов водохранилищ // Тр. корд. совещ. по гидротехнике. Л., 1973. 250 с.
11. Филиппов О.В. Формирование природных аквальных комплексов озерной части Волгоградского водохранилища в условиях измененного гидрологического режима: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Волгоград, 2004. 28 с.
12. Эдельштейн К.К. Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М., изд-во «Геос». 1998. 274 с.

### **SOME PECULIARITIES OF THE MAIN AQUAL COMPLEXES TYPES FORMATION AND DISTRIBUTION IN WATER RESERVES**

Tikhomirov O.A.  
Tver State University, Tver

Formation as well as distribution of the main types of aqual complexes (geosystems) in the water reserves area are discussed. Some peculiarities of their distribution in space of a plane water reserves of Russia are considered

**Key words:** *aquatic complexes, water reserve, classification*

*Об авторе*

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, заведующий кафедрой физической географии и экологии Тверского государственного университета.

TIKHOMIROV Oleg Alekseevich – Dr. of geography, Prof., head of the Department of physical geography and ecology of the Tver state University.