

УДК 504.4.054:628.3

**Е.В. Алексеев**

*ФГБОУ ВПО «МГСУ»*

## **АКВАСИСТЕМА КАК ПРЕДМЕТ ВОДНОЙ ЭКОЛОГИИ И НАЧАЛО ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ**

Дискретные показатели присутствующих в воде веществ могут дать исчерпывающие сведения о содержащихся в ней веществах. Но они не отражают взаимодействия этих веществ между собой и водой, совокупные свойства системы в целом, следовательно, недостаточны для системного подхода к созданию эффективных технологических процессов очистки воды.

Для описания свойств природных и сточных вод предложено ввести понятие «аквасистема». Аквасистема — это совокупность взаимосвязей веществ и явлений в водной среде. В соответствии с этим понятием, природные и сточные воды — это аквасистемы, представляющие собой смеси веществ разного происхождения, находящиеся в постоянном взаимодействии, взаимосвязи друг с другом и водой одновременно. Рассмотрены основные признаки характерные для аквасистем: генезис, стабильность, локализация, а также подчиненные — фазово-дисперсное состояние, биотическое состояние и химический состав.

Изучение аквасистем природных и сточных вод, их структуры и взаимосвязей определяет приоритетное направление исследований в водной экологии, поэтому предмет водной экологии — это область изучения, познания и систематизации признаков и свойств природных и антропогенных аквасистем. Это открывает новое направление в методологии моделирования и оптимизации технологических решений очистки природных и сточных вод. Водная экология должна формулировать принципиальные положения для целенаправленного совершенствования технологий очистки воды, основанные на свойствах соответствующих аквасистем.

**Ключевые слова:** природные воды, сточные воды, оценка свойств воды, очистка воды, показатели санитарно-химического анализа, аквасистема, признаки, генезис, стабильность локализация, водная экология, технология очистки воды.

Окружающая нас вода многолика: лесной ручей и сточные воды, откровенно демонстрирующие свое происхождение, вода из крана и грязный поток в лотке проезжей части дороги воспринимаются людьми как совершенно разные воды. С древнейших времен в массовом сознании людей *вода* — это данность, которая является частью окружающего мироздания, что объективно так и есть. Свойства воды, воспринимаемые человеком, прежде всего, «оцениваются» на подсознательном уровне: вредно — полезно. Но это уровень субъективного восприятия. Каковы же объективные критерии отличия вод?

Существующие классификации природных и сточных вод по условиям формирования позволяют ассоциативно получить некоторую определенность в представлениях о воде. Однако этих представлений совершенно недостаточно для синтеза решения технологических задач ее очистки.

Современная практика оценки вод также осуществляется на уровне «пригодна — непригодна», т.е. сугубо утилитарно. Принято считать, что, объективно, качество воды определяется величинами показателей санитарно-химического анализа (СХА) и их соответствием системам предельных уровней, установленных для этих показателей в конкретных областях водопотребления и отведения сточных вод. Как известно, значительная часть показателей СХА — индивидуальные и только небольшая часть — групповые, но и они «привязаны» к индивидуальным веществам или признакам, например, такие показатели, как ХПК, БПК и ряд др.

Очевидно, что материальная среда, содержащая разные вещества, может рассматриваться как смесь дискретных компонентов, концентрации которых (величины соответствующих показателей) и становятся ее главными признаками. С этой точки зрения

текущее состояние такой смеси может объективно оцениваться показателями ее состава. Применительно к воде это означает, что все воды отличаются лишь величинами и соотношениями дискретных показателей, зафиксированных в момент отбора проб или усредненных. Однако известно, что даже большое количество показателей, не связанных логически в систему, составляют лишь стохастическое множество дискретных величин. Соответственно, технологические задачи кондиционирования воды в этом случае формулируются как приведение «превышенных» значений конкретных показателей воды в соответствие с конкретными требованиями того или иного направления ее использования. Из этого следуют два принципиальных вывода:

на основе дискретных показателей невозможно систематизировать все разнообразие вод по общим свойствам, поскольку последние не формализованы;

решение конкретных технологических задач можно осуществлять только аналого-интуитивным методом, поскольку сами задачи (достижение величин заданных показателей) дискретны и формальны.

Любая реальная среда, содержащая разные по свойствам вещества, есть система взаимодействий этих веществ между собой и средой. В зависимости от свойств веществ и видов их взаимодействий принципиально возможно формирование комплекса признаков, определяющих состояние и общие свойства конкретной системы. Сопоставимость сходственных признаков разных систем может служить объективной основой их классификации. Если средообразующим веществом системы является вода, то представляется возможным в этом случае применить понятие «аквасистема». Следовательно *аквасистема — это совокупность взаимосвязей веществ и явлений в водной среде*.

В соответствии с этим понятием природные и сточные воды — это аквасистемы, представляющие собой смеси веществ разного происхождения, находящиеся в постоянном взаимодействии, взаимосвязи друг с другом и водой одновременно.

Для описания аквасистем определим понятия главных признаков, таких как генезис, стабильность и локализация, а также соподчиненных: фазово-дисперсное состояние, биотическое состояние и химический состав, соответственно (рис.).



Главные и соподчиненные классификационные признаки аквасистемы

Как любое динамическое явление, аквасистема существует во времени и с генетических позиций может быть эволюционной, регressiveйной или константной.

*Эволюционность* или *регressiveйность* обусловливаются, соответственно, увеличением или уменьшением массы веществ, содержащихся в воде в процессе формирования аквасистемы. Так, аквасистемы проточных водоемов с изменяющимися по длине русла геологическими условиями или подверженные сильному антропогенному воздействию — пример эволюционной системы, накапливающей виды и массу веществ. Неочищенные сточные воды, как правило, — регressiveйные аквасистемы, находящиеся в динамике химических и биохимических процессов взаимодействия, при-

водящих к трансформации видов начальных загрязняющих веществ, а часто, и к уменьшению их общей массы.

Константная аквасистема может отличаться как высоким, так и низким уровнями содержания веществ, но их состав и масса в водной среде постоянны во времени только на период постоянства условий ее формирования. Это равновесное состояние аквасистемы, при котором массовые скорости поступающих в систему и исходящих веществ одинаковы.

При нарушении этого равновесия система становится эволюционной или регрессионной. Однако во всех случаях константная аквасистема не является стабильной.

К константным аквасистемам также можно отнести многие «современные» природные воды, являющиеся результатом эволюционной динамики геоэкологических, антропогенных, техногенных процессов и регрессионной динамики процессов взаимодействия.

По генетическому признаку можно также выделить тип аквасистем, возникающих из одного устойчивого состояния путем трансформации в другое устойчивое состояние без изменения общей массы первоначальных веществ. Это *инверсные* аквасистемы. В отличие от константных, инверсные аквасистемы устойчивы, так как в процессе инверсии система теряет запас внутренней энергии.

По генетическому признаку очищенные сточные воды — константные аквасистемы, являющиеся результатом регрессионной динамики процессов взаимодействия.

*Стабильность* аквасистем — это способность сохранять неизменными присущие им свойства в течение времени. Стабильность фазово-дисперсного состояния аквасистемы характеризуется двумя видами устойчивости: седиментационной и агрегативной.

Стабильность аквасистем обусловлена физико-химическими, химическими и биологическими факторами. Физико-химические факторы устойчивости аквасистем включают кинетические факторы, которые обусловлены плотностью и размером частиц, вязкостью и плотностью среды, и термодинамические факторы, обусловленные тепловым движением частиц.

Химически стабильные аквасистемы, как правило, содержат индифферентные вещества. Но стойкость этих веществ обусловливается или неспособностью к взаимодействию в данной системе или состоянием на заключительной стадии регрессионного изменения. В любом случае стабильность аквасистемы определяется ее химическим составом.

Биологическая устойчивость — способность аквасистемы сохранять фазовый и химический составы при воздействии биологических факторов окружающей среды.

Закономерно, что аквасистемы сточных вод, сформированные смешением потоков с разными видами загрязняющих веществ, обладают существенно большим запасом кинетических и термодинамических факторов устойчивости, чем каждая в отдельности.

*Локализация* аквасистемы определяет ее положение в экосистеме природной или техногенной среды. По признаку локализации аквасистемы могут быть внутренними (замкнутыми) и внешними (разомкнутыми). Замкнутой аквасистемой является система, для которой процессы, влияющие на ее формирование, остаются неизменными длительное время. Разомкнутая аквасистема — это система, формирование которой обусловлено разными процессами, в т.ч. изменяющимися во времени. В отличие от генезиса, локализация отражает состояние подвижного равновесия аквасистемы.

Значительный объем исследований, выполненных в области технологии очистки природных и сточных вод, по существу, представляет собой эмпирический опыт изучения индивидуальных свойств аквасистем и способов их изменения — методов очистки воды. Впервые работы по обобщению свойств природных и сточных вод с целью formalизации синтеза технологических процессов очистки воды были выполнены профессорами В.Н. Швецовым и М.Г. Журбой с сотрудниками [1—3]. Можно полагать, что эти работы легли в основу водной экологии.

Изучение аквасистем природных и сточных вод, их структуры и взаимосвязей определяет приоритетное направление исследований водной экологии. Поэтому целевая задача водной экологии — это область изучения, познания и систематизации свойств природных и антропогенных аквасистем. В общей структуре экологических наук направление водной экологии может рассматриваться как подсистема знаний в геоэкологии.

Полное, насколько это возможно, представление о свойствах аквасистем создает объективные основы их классификации и последующей типизации. В этом случае целевая задача технологии обработки воды кардинально изменяется. Достижение необходимых значений дискретных показателей СХА воды из цели превращается в результат целенаправленного изменения свойств аквасистемы. Понимание свойств аквасистем, формализованных их признаками, позволяет не только существенно сократить время и материальные затраты на решение технологических задач, но и обеспечить их более высокую эффективность.

Современный запас знаний, уровень научной техники и информационных возможностей создает предпосылки существенного изменения методологии изучения, разработки и совершенствования технологических процессов очистки воды. В основе этой методологии должны быть принципиальные положения водной экологии, так как технология кондиционирования воды, по существу, решает задачу трансформации одной аквасистемы в другую.

#### **Библиографический список**

1. Классификатор технологий очистки сточных вод / В.Н. Швецов, К.М. Морозова, И.Н. Мясников и др. // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 5. С. 2—4.
2. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : науч.-метод. руководство ; под общ. ред. проф. М.Г. Журбы. В 3 т. 2-е изд., доп. и перераб. М. : Изд-во АСВ, 2004. Т. 2.
3. Классификаторы технологий очистки природных вод / М.Г. Журба, А.П. Нечаев, Г.А. Ивлева и др. М. : ГПИ Союзоводоканалпроект, 2000. 118 с.

*Поступила в редакцию в феврале 2012 г.*

О б а в т о р е: **Алексеев Евгений Валерьевич** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоотведения и водной экологии, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, 8-(499)-183-54-56, mgsu-kanal@yandex.ru.

Д л я ц и т и р о в а н и я: Алексеев Е.В. Аквасистема как предмет водной экологии и начало технологии очистки воды // Вестник МГСУ. 2012. № 2. С. 140—144.

**E.V. Alekseev**

#### **AQUATIC SYSTEM AS THE SUBJECT OF AQUATIC ECOLOGY AND THE STARTING POINT OF THE WATER TREATMENT TECHNOLOGY**

Discrete properties of substances found in the water can provide exhaustive information about the substances contained in it. However, they do not provide any information about the interaction between the substances and the water, or between themselves, or the overall properties of the aquatic system. Therefore, they cannot serve as the basis for the systemic approach to development of efficient water treatment technologies.

The author's suggestion is to introduce the term "aquatic system" as a description of the properties of natural and sewerage water. An aquatic system represents a collection of interconnected substances and phenomena in the aquatic medium. Therefore, natural and sewerage water represent aquatic systems, or mixtures of substances that have different origins, that interact with one another on a non-stop basis, and that are interrelated, and that interact with the water at one and the same time. Primary features of aquatic systems are considered in the article, including genesis, stability, and localization. Secondary features of aquatic systems, including their aggregate state, their biotic state, and their chemical composition.

The research of aquatic systems of natural and sewerage waters, their structure and interrelations identifies the top-priority subject of research in the aquatic ecology. Therefore, the subject matter of the aquatic ecology represents the area of research, learning and systematization of features and properties of natural and man-made aquatic systems. This area of research dives way to a new trend of the methodology of modeling and optimization of natural and sewerage water treatment technologies. Aquatic ecology is to develop the principal provisions aimed at the improvement of water treatment technologies based on the properties of aquatic systems.

**Key words:** natural waters, sewerage waters, assessment of water properties, water treatment, indicators of the sanitary and chemical analysis, aquatic system, features, genesis, stability, localization, aquatic ecology, water treatment technology.

#### References

1. Shvecov V.N., Morozova K.M., Mjasnikov I.N. and others. *Klassifikator tehnologij ochistki stochnyh vod* [Classified Technologies of Sewerage Water Treatment Technologies]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tekhnika* [Water Supply and Sanitation Machinery], 2004, Issue # 5, pp. 2—4.
2. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenij* [Water Supply. Design of Systems and Structures], methodological guide, edited by professor Zhurba M.G. Moscow, ASV, 2004, volume 2.
3. Zhurba M.G., Nechaev A.P., Ivleva G.A. and others. *Klassifikatory tehnologij ochistki prirodnyh vod* [Classifiers of Natural Water Treatment Technologies]. Moscow, GPI Sojuzvodokanalproekt, 2000, 118 p.

About the author: **Alekseev Evgenij Valer'evich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Water Supply and Aquatic Ecology, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, mgsu-kanal@yandex.ru, (499) 183-54-56.

For citation: Alekseev E.V. *Akvatsistema kak predmet vodnoj ekologii i nachalo tehnologii ochistki vody* [Aquatic System as the Subject of Aquatic Ecology and the Starting Point of the Water Treatment Technology], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2012, Issue # 2, pp. 140—144.