

УДК 550.42

**Горбатов Е.С., Рассказов А.А., Васильева Е.Ю.**  
*Российский университет дружбы народов (г. Москва)*

## **АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИМНОСИСТЕМ ШАТУРСКИХ ОЗЕР**

**E. Gorbatov, A. Rasskazov, E. Vasilieva**  
*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow*

### **ANALYSIS OF HYDROCHEMICAL STABILITY OF LIMNOSYSTEMS OF LAKES IN SHATURSKY DISTRICT**

*Аннотация.* Восприимчивость лимносистем к воздействию загрязняющих веществ главным образом определяется физико-химическими процессами, происходящими между водами озер и отложениями, слагающими их котловины и территорию водосбора. Путем анализа геологического строения района Шатурских озер выделены и оценены факторы, способствующие устойчивости гидрохимических параметров этих озер. Главные из них: повышенная способность донных отложений (сапропелей) к сорбции ТМ и нефтепродуктов, тесное химическое взаимодействие вод озер и грунтовых вод окружающих их торфяников. В связи с техногенной гумификацией торфа вокруг Шатурских озер и с термической эвтрофикацией их воды прогнозируется снижение геохимической защищенности водосбора и изменение гидрохимических условий озер.

*Ключевые слова:* озерные котловины, геоэкологический мониторинг, флювиогляциальные отложения, донные отложения, гумификация торфа, термическая эвтрофикация, Шатурская группа озер.

*Abstract.* Susceptibility of limnosystems to the influence of pollutants is mainly determined by the physicochemical processes occurring between waters of lakes and sediments composing the lake kettles and catchment basins. By analyzing the geological structure of the lake area in Shatursky district, the factors contributing to the stability of hydrochemical parameters of the lakes are identified and assessed. The main factors include the increased capacity of bottom sediments (sapropels) to absorb heavy metals and petroleum products, as well as the close chemical interaction of lake waters and underground waters of the surrounding peat bogs. Due to technogenic humification of the peats near the lakes in Shatursky district and to thermal eutrophication of their waters, a decrease in geochemical security of the catchment basins and a change in hydrochemical conditions of the lakes are predicted.

*Key words:* lake kettles, geoecological monitoring, fluvio-glacial sediments, bottom sediments, peat humification, thermal eutrophication, group of lakes in Shatursky district.

С геохимической точки зрения водоемы – это зоны устойчивой аккумуляции осадочного материала и конечные звенья превращений потоков химических веществ. Поэтому функционирование лимнических систем напрямую зависит от характера техногенных геохимических нагрузок как на акваторию озер, так и на их водосборы. Восприимчивость лимносистем к воздействию загрязняющих веществ, поступающих в озерные водосборы, определяется главным образом физико-химическими процессами, возникающими между озерными водами и отложениями, слагающими озерные котловины и территорию водосбора. Эти процессы контролируются геологическим строением озерных котловин и водосборов. Оценка гидрохимической устойчивости позволяет решать одну из основных задач геоэкологического мониторинга озер – строить долгосрочные прогнозы гидрохимического состояния водоемов. При анализе устойчивости современных озерных экосистем к техногенному загрязнению необходимо выделение не только краткосрочных, но и долгосрочных антропогенных эффектов. Данная задача решается путем ретроспективных исследований гидрохимического состояния водоемов. Наиболее полная информация об истории трансформации гидрохимического состояния озер

отражается в геологическом строении их котловин, и в частности, в послонном строении и составе донных отложений. Это было продемонстрировано различными авторами в ряде фундаментальных работ [3; 4]. Донные отложения являются своеобразной геологической летописью важнейших физико-химических и продукционно-биологических процессов, которые происходили на протяжении истории развития водоемов.

Шатурская озерная группа находится в восточном Подмоскowie, на территории Центральной Мещеры [1]. Компактная группа Шатурских озер состоит из почти десятка природных водоемов, расположенных непосредственно к северу и востоку от г. Шатура. Наибольший из них – озеро Святое (площадь 11,6 км<sup>2</sup>), – является крупнейшим в Московской области (вторым по площади). Его южная часть отделена дамбой и используется как водозаборный водоем для Шатурской ГРЭС. Средняя глубина озера 1,1 м, максимальная – 10 м (в местах выборки сапропеля). Озеро слабопроточное: с севера из него вытекает р. Ушма, русло которой сильно нарушено торфоразработками. Шатурские озера, представляющие собой во многом единую систему гидрологических объектов, имеют важное хозяйственно-рекреационное значение. Сегодня они испытывают сильное антропогенное воздействие со стороны г. Шатуры. Отмечается загрязнение воды озер нитратами, цинком и медью, отчасти связанное с низким качеством очистных мероприятий на предприятиях города, в том числе на Шатурский ГРЭС. Вследствие сброса электростанцией отработанных теплых вод происходит тепловое загрязнение вод оз. Муромское. Шатурские озера имеют типично водно-ледниковое происхождение, на что указывает приуроченность водоемов к зандровой равнине, их мелководность и групповое расположение. Их котловины занимают слабоогнутую озерно-ледниковую равнину, которая приурочена к западной части меридионально вытянутой Шатурской ложбины стока ледниковых вод, развитой на зандровой слабоволнистой равнине.

Район Шатурской ложбины стока вблизи котловины оз. Святое сложен четвертичными, неогеновыми, нижнемеловыми и верхнеюрскими отложениями (рис. 1). Отложения верхней юры распространены на территории повсеместно и представлены темноцветными морскими глинами с включениями фосфоритов, пирита и гипса. Они являются региональным водоупором Мещерской низменности, способствуя высокой озерности данного региона. Отложения мелового периода частично размывы и сохранились на территории в виде разобренных полей песков и серых континентальных глин. Четвертичные отложения района представлены долинно-зандровыми песками и супесями. Территория была полностью покрыта Окским и Днепровским оледенениями, однако моренные толщи этих эпох не сохранились: они были размывы тальми водами во время Московского оледенения [2]. В московское время (средний плейстоцен) район Шатурских озер находился в приледниковой зоне (граница ледника проходила по р. Клязьме), в пределах линейного понижения, по которому осуществлялся сток тальных ледниковых вод. В результате неравномерного осаждения песчаного материала в зоне Шатурской ложбины постепенно сформировалось замкнутое понижение – котловина, которая сразу заполнилась водой, а впоследствии стала самостоятельным озером. Представляется вероятным, что отдельные озера, составляющие теперь Шатурскую группу, сформировались только в голоцене, в результате заполнения котловины первичного озера осадками и образования торфяных перемычек внутри этого водоема.

Во время Микулинского межледниковья (верхний плейстоцен) на образованной флювиогляциальной равнине существовали сменяющие друг друга озера и болота. В них накапливались супеси, чередующиеся в разрезе с торфом. В период таяния Валдайского ледника (верхний плейстоцен) эти отложения были частично размывы и перекрыты водно-ледниковым материалом. Современные отложения района представлены озерными сапропелями и нарушенными торфоразработкой

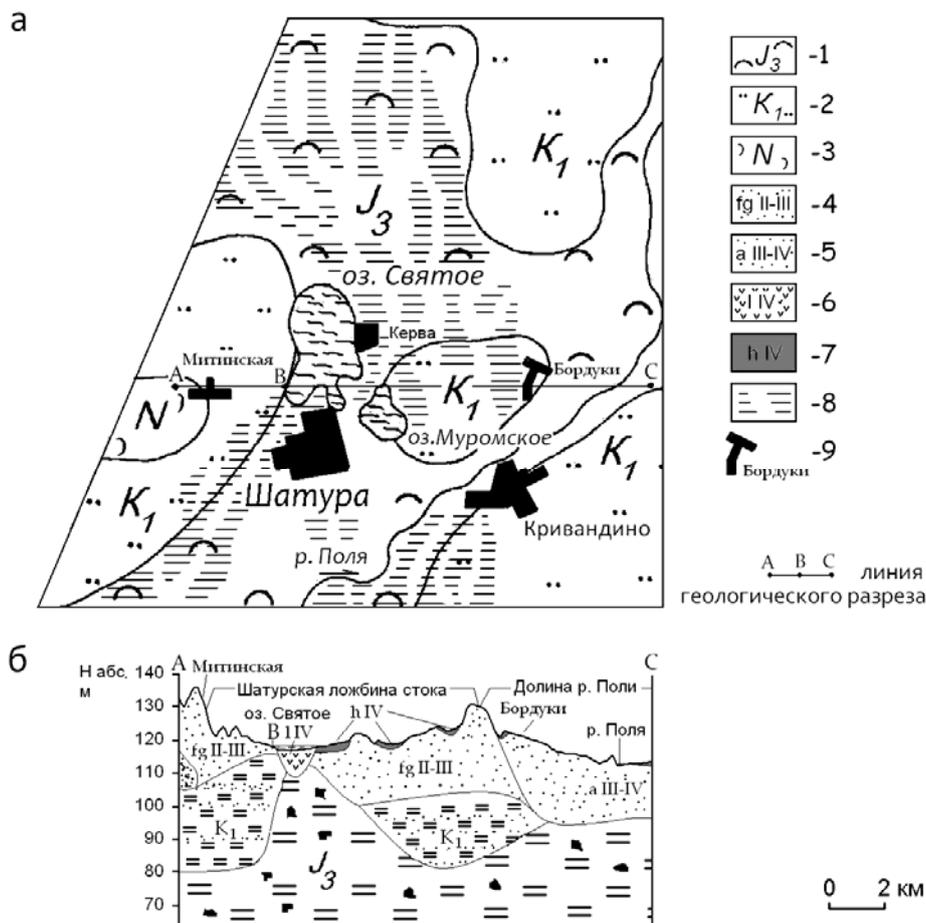


Рис. 1. Геологическое строение района Шатурских озер в плане (а) и в разрезе (б)

1 – верхнеюрские отложения. Черные глины с фосфоритами, пиритом, гипсом, 20-40 м; 2 – нижнемеловые отложения. Линзы ожелезненных песков, сероцветных и голубоватых глин, до 20-30 м; 3 – неогеновые отложения. Аллювиальные и озерные пески с включением гальки, 10-30 м; 4 – средне-верхнечетвертичные флювиогляциальные пески, 5-20 м; 5 – верхнечетвертичные – современные аллювиальные пески 1 и 2 н/п террасы р. Поля; 6 – современные озерные отложения. Сапропели, до 10 м; 7 – современные болотные отложения. Низинный торф, 2-5 м; 8 – существующие и осушенные болота; 9 – населенные пункты.

толщами низинного торфа, приуроченными к днищу и западинам ложбины стока (рис. 1). При гумидизации климата в голоцене осадко-накопление в озерах стало преимущественно биогенным, т. е. их котловины начали заполняться в основном растительными, а в меньшей степени механическими осадками, сносимыми с водосбора текучими водами. Дно озер постепенно поднималось, озера мелели, а их берега заторфовывались и сближались. Процессы заболачивания привели к исчезновению менее крупных озер Шатурской ложбины стока, о чем свидетельствует обилие в

этом районе древнеозерных понижений. Тенденция заболачивания территории и обмеления озер сохраняется и сегодня. Однако, несмотря на это, уровень воды в озере Святом в голоцене вырос на 1,5-2 метра, что объясняется увеличением мощности окружающих озеро торфяников, которые тянули за собой грунтовые воды.

Шатурские озера имеют низкие (0,2-0,5 м над урезом воды) и заболоченные берега, покрытые мелколиственными лесами – ольшаниками. Берега сложены торфом мощностью 2-3 м, залегающим на песках. Западный берег оз.

Святое имеет участки с песчаными пляжами, шириной надводной части 5-7 м, подводной – 2-4 м. Установлено, что в надводном пляже песок на глубине от 2 до 10 см имеет ритмичную окраску (чередование серо-сизых оттенков и белых прослоев). Отсутствие подобной окраски песка в подводной зоне пляжа указывает на то, что серо-сизая окраска имеет характер новообразования, а ее ритмичность связана с переменным окислительно-восстановительным режимом, обусловленным периодическим затоплением надводного пляжа. В зоне пляжа отмечены выходы нижнемеловых глин в виде языков, выделяющихся по серо-сизому цвету, неровному и топкому характеру дна.

Изменения, происходящие в лимнических системах под влиянием антропогенных факторов, зависят от характера, интенсивности и продолжительности их воздействия – с одной стороны, с другой – от геоэкологических особенностей конкретного природного водоема. Исходя из преобладания химического загрязнения Шатурских озер над другими видами антропогенного воздействия, при оценке устойчивости их лимносистем в первую очередь необходимо учесть следующие геоэкологические характеристики, связанные с особенностями геологического строения котловин и водосбора этих озер:

– заполненность котловин Шатурских озер автохтонными биогенными осадками, обладающими высокой способностью к сорбции ионов тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd) и крупномолекулярных органических соединений (нефтепродуктов) и являющимися источником вторичного загрязнения вод озер при смене геохимической обстановки;

– преобладание подземного питания озер над поверхностным, что способствует задерживанию в их области питания части загрязняющих веществ (взвесей), мигрирующих в озера с участков водосбора;

– тесную геохимическую связь вод озер с грунтовыми водами окружающих их торфяников (присутствие гуминовых веществ, пониженные значения рН воды), которые обладают высокими буферными и сорбционными свойствами;

– снижение гидрогеохимической защищенности водосбора из-за уменьшения сорбционной емкости торфа в связи с его гумификацией (разложением до бесструктурной массы) во вскрытых при торфоразработках залежах;

– повышение неустойчивости уровня озер, обусловленное площадной выработкой торфяников вокруг озерной группы, снижением водопроницаемости и влажности торфа при его гумификации;

– ожидаемую в связи с этим активизацию размыва береговой зоны озера, и как результат – ухудшение гидробиологических условий, повышение содержания терригенной составляющей в биогенном осадке;

– различную устойчивость к размыву низких торфяных и более высоких песчаных берегов;

– процессы термической эвтрофикации (рост продукции планктона) в озерах (оз. Муромское), связанные со сбросом электростанцией отработанных подогретых вод.

– формирование из-за эвтрофикации восстановительной бескислородной обстановки в воде и донных отложениях, способствующей перераспределению между ними химических веществ (Cu, Zn – накапливаются в донных отложениях, Fe, Mn – высвобождаются из них и поступают в воду озер).

Отмеченные особенности системы Шатурские озера – их водосбор определяют характер значимых физико-химических процессов миграции и трансформации загрязняющих веществ (осаждения, растворения, сорбции, десорбции). Их количественный учет позволяет прогнозировать поведение лимносистем в условиях существующего техногенного воздействия (химического загрязнения вод нитратами и ТМ).

Выводы:

1. При оценке гидрохимической устойчивости лимнических систем необходим анализ наиболее значимых физико-химических процессов миграции, трансформации и аккумуляции загрязняющих веществ в озерах, во многом определяемых геологическим строением их котловин и водосборов.

2. Котловины Шатурских озер имеют водно-ледниковое происхождение. Они вложены в толщу (2-10 м) долинно-зандровых песков московского времени (*fg II ms*), залегающих на кровле юрских ( $J_3$ ) и меловых отложений ( $K_1$ ), выходы которых отмечены в береговой зоне озер. Котловины заполнены современными минеральными и сапропелевыми осадками.

3. К основным факторами, способствующим гидрохимической устойчивости Шатурских озер относятся: повышенная способность донных отложений к сорбции тяжелых металлов и нефтепродуктов; преобладание подземного типа питания озер над поверхностным; взаимодействие химического состава озерных вод и грунтовых вод окружающих торфяников (сходные рН и органические примеси).

4. К факторам, снижающим гидрохимическую устойчивость Шатурских озер, относятся: трансформация физико-химических (снижение сорбционной емкости) и гидрогеологических свойств торфа при его техногенной гумификации на торфоразработках вок-

руг озер; повышение нестабильности уровня озер; формирование бескислородной восстановительной обстановки в водной толще в связи с термической эвтрофикацией части озер.

5. Анализ гидрохимической устойчивости Шатурских озер позволяет решать оценочную и прогнозную задачу их геоэкологического мониторинга.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Вагнер Б.Б., Дмитриева В.Т. Озера и водохранилища Московского региона: учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона». М.: МГПУ, 2006. 105 с.
2. Лисицына Г.Н. Характеристика послеледниковых ландшафтов Подмосковья // Вест. МГУ. 1950. №6. С. 151-158.
3. Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения истории озер. Серия: История озер СССР / Квасов Д.Д., Давыдова Н.Н., Румянцев В.А. (ред.). Л.: Наука, 1986. 253 с.
4. Озера МНР и их минеральные ресурсы / Рассказов А.А., Лувсандорж Ш., Севастьянов Д.В. и др. М.: Наука, 1991. 136 с.