
АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ОЗЕРНЫХ КОТЛОВИН КАК ОСНОВА ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА (на примере Шатурской группы озер)

А.А. Рассказов, Е.С. Горбатов

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

На основе геологической и исторической информации о Шатурских озерах проанализировано поведение их лимнических систем при воздействии ряда актуальных антропогенных факторов.

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

Научной основой для рационального природопользования на озерах и их водосборах является геоэкологический мониторинг — система повторных наблюдений за состоянием лимнических систем с целью оценки скорости и направленности их пространственно-временных изменений. Для обеспечения репрезентативности мониторинга озер необходимо располагать гидрологическими данными определенного пространственно-временного охвата. Однако длительных инструментальных наблюдений (десятки лет) зачастую оказывается недостаточно для составления надежных оценок и прогнозов относительно гидрологического состояния многих водоемов. Данная проблема представляется весьма актуальной для озер Московского региона.

Изучение истории развития озер необходимо для решения одной из главных задач геоэкологического мониторинга этих объектов — выделения и оценки антропогенных эффектов на фоне природных процессов. Наиболее полная информация об истории развития водоемов отражается в геологическом строении их котловин, и в частности в составе донных отложений. Это было продемонстрировано различными авторами в ряде фундаментальных работ [3; 4]. Донные отложения являются информативной геологической летописью важнейших физико-химических и продукционно-биологических процессов, которые происходили на протяжении истории развития водоемов. Таким образом, исторический и геологический подход должен лежать в основе разработки программ геоэкологического мониторинга водоемов.

Шатурская озерная группа находится в восточном Подмосковье, на территории Туголесско-Дубасовской низменной равнины (центральная Мещера) [3]. Шатурские озера образуют компактную группу, состоящую из почти десятка природных водоемов, расположенных непосредственно к северу и востоку от г. Шатуры. Наибольший из них — оз. Святое (площадь 11,6 км²) — является крупнейшим

в Московской области (вторым по площади), на него приходится более 70% общей площади озер Шатурской группы. Четыре наиболее крупных озера этой группы — Муромское, Черное, Черное-Спасское и Белое соединяются со Святым озером искусственными каналами. Озеро Святое имеет почти прямоугольную форму, оно вытянуто с севера на юг на 4,8 км, а с запада на восток на 3 км. Его юго-восточная часть отделена дамбой и используется как водозаборный водоем для Шатурской ГРЭС. Средняя глубина озера 1,1 м, максимальная — 10 м (в местах выборки сапропеля). В озеро впадает несколько десятков безымянных водотоков, а с севера вытекает р. Ушма, русло которой сильно нарушено торфоразработками. Для озера характерны низкие и заболоченные берега, покрытые мелколиственными лесами — ольшаниками с участием березы. Западные берега имеют участки с песчаными пляжами, к которым примыкают коренные сосновые и сосново-еловые леса.

Шатурские озера, во многом представляющие собой единую систему гидрологических объектов, имеют важное хозяйственное и рекреационное значение. Сегодня они испытывают сильное антропогенное воздействие со стороны г. Шатуры и окружающих населенных пунктов. Отмечается сильное 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 имеет типично водно-ледниковое происхождение, на что указывает приуроченность водоемов к зандровой равнине, их мелководность и групповое расположение. Они занимают слабовогнутую озерно-ледниковую равнину с абсолютными отметками 118—123 м, которая приурочена к днищу меридионально вытянутого понижения шириной 10—12 км — Шатурской ложбины стока ледниковых вод (высота 120—125 м), — развитого на зандровой слабоволнистой равнине (высота 125—135 м). С востока Шатурская ложбина стока ограничена долиной р. Поля (правый приток р. Клязьмы). Озерно-ледниковая равнина смещена к западной границе ложбины стока и включает в себя современные котловины Шатурских озер и их берега — низкие заболоченные и более высокие, сухие, с сосновыми борами на склонах (западный берег оз. Святое).

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 накапливались в мелководном тропическом морском бассейне, в условиях трансгрессии. Юрские глины являются региональным водоупором Мещерской низменности, что способствуют высокой заозеренности данного региона. Отложения мелового периода частично размыты и сохранились на территории в виде разобщенных полей. Они накапливались в континентальных условиях и представлены маломощными линзами песков и серых глин — продуктов размыва ранее отложенных пород.

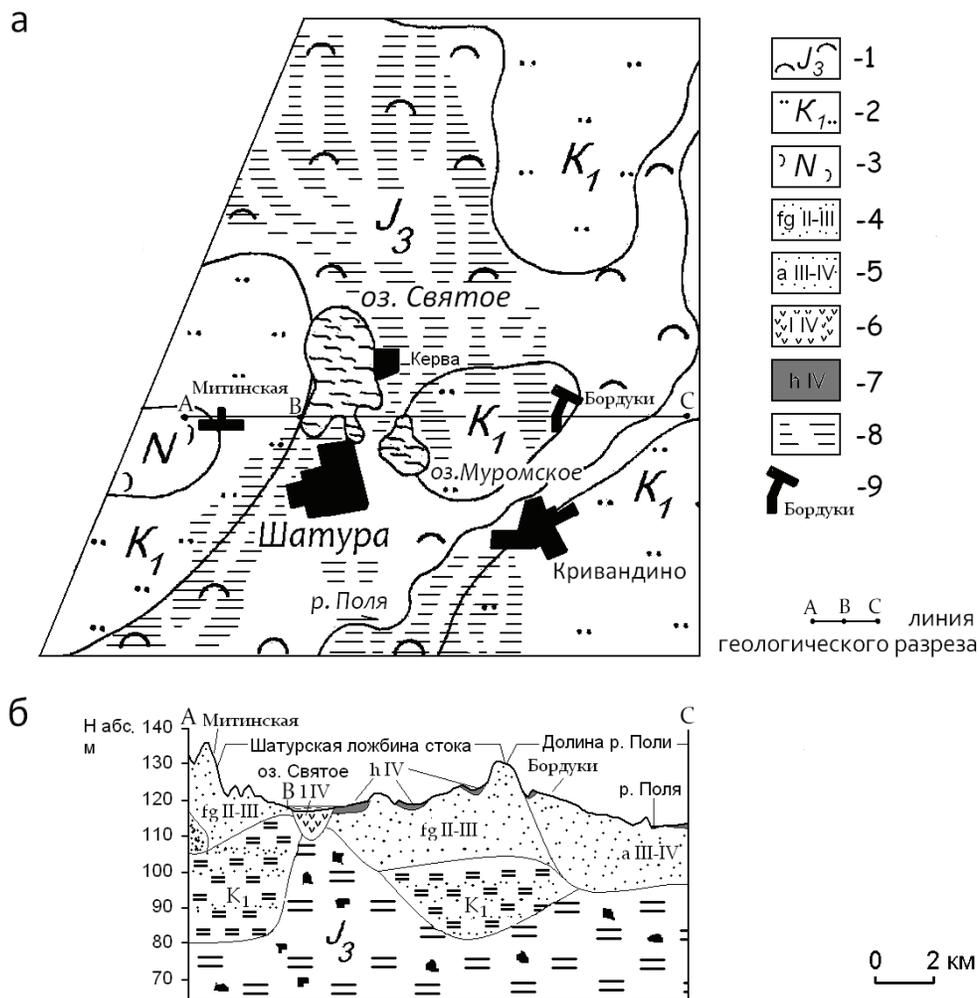


Рис. 1. Геологическое строение района Шатурских озер: в плане (а) и в разрезе (б):

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. Алювиальные 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. Поли; 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

Четвертичные отложения района представлены преимущественно долинно-зандровыми песками и супесями. Территория была полностью перекрыта Окским и Днепровским оледенением, однако моренные толщи этих эпох не сохранились: они были размывы тальми водами во время московского оледенения [2]. В московское время (средний плейстоцен) район находился в приледниковой зоне (граница ледника проходила по р. Клязьме), в пределах линейного понижения, по которому осуществлялся сток талых ледниковых вод. В это время накопились толщи флювиогляциальных песков. Во время Микулинского межледниковья (верхний плейстоцен) на образованной в московское время 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 размыты, а накопление водно-ледникового материала продолжилось, хотя и с меньшей интенсивностью, так как граница последнего оледенения проходила севернее. Современные отложения района представлены озерными сапропелями и нарушенными торфоразработкой толщами низинного торфа, приуроченными к днищу и западинам ложбины стока (см. рис. 1).

В ходе проведенных нами полевых исследований было изучено геологическое строение западного берега оз. Святое: по удалении от берега подготовлено и описано несколько шурфов; из разных горизонтов отобраны образцы грунтов для дальнейших анализов; взяты колонки отложений. Результатом исследований стал геологический разрез (рис. 2).

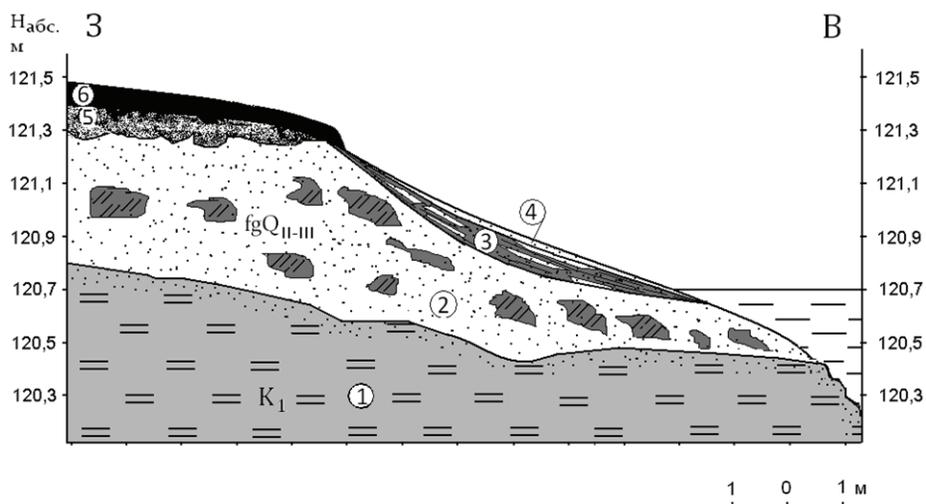


Рис. 2. Геологическое строение западного берега оз. Святое (разрез через т. В на рис. 1):

цифрами обозначены литолого-стратиграфические комплексы отложений: 1 — нижнемеловые глины, сизовато-серые, текучепластичные, в кровле опесчаненные; 2 — средне-верхнечетвертичные долинно-зандровые пески, мелко-среднезернистые, серые, с коричневыми включениями супеси, до 0,6 м; 3 — песок серо-сизый, горизонтально слоистый, с белесыми прослоями, до 7 см; 4 — песок светло-желтый, до 3 см; 5 — песок с черными призмами гумуса, 10—15 см; 6 — гумусовый почвенный горизонт, черный, до 10 см

Исследованный участок высокого западного берега имеет хорошо выраженную слабонаклонную террасу (наклон 1 град., ширина 300 м) с бровкой на высоте 0,6 м над урезом воды. Терраса покрыта коренным сосняком. Ниже следует песчаный пляж с шириной надводной части 5—7 м, подводной — 2—4 м и береговой откос, переходящий в свал озерной котловины, сложенной с поверхности сапропелем переменной мощности. В надводной зоне пляжа 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, вероятно, с переменным окислительно-восстановительным режимом, обусловленным периодическим затоплением надводного пляжа. С глубины 10 см песок стано-

вится светло-серым, с коричневыми пятнами супеси. В подводной части пляжа отмечены локальные выходы нижнемеловых глин в виде языков, выделяющихся по серо-сизому цвету, неровному и топкому характеру дна. На других участках берега оз. Святое также были отмечены признаки выхода дочетвертичных глин.

Низкие (0,2—0,5 м над урезом воды), заболоченные берега часто продолжаютя сплавиными и сложены с поверхности толщами торфа мощностью 2—3 м, залегающими на флювиогляциальных песках.

Анализируя геологическое строение котловин Шатурских озер, можно проследить историю их формирования и развития, а также оценить последовательность их заполнения водой и осадкам. В период таяния Московского ледника (средний плейстоцен, ~120 тыс. лет назад) сброс талых вод происходил по Шатурской ложбине стока. Древние моренные отложения были полностью смыты, а ложбина начала заполняться флювиогляциальными песками, залегающими непосредственно на кровле юрских и меловых отложений. В результате неравномерного осаждения материала в районе ложбины постепенно сформировалось замкнутое понижение — котловина, которая сразу заполнялась водой, а впоследствии (при прекращении сброса ледниковых вод) стала самостоятельным озером. Представляется вероятным, что отдельные озера, составляющие теперь Шатурскую группу, сформировались позднее в результате понижения уровня первичного озера и (или) заполнения его котловины осадками. В валдайское время (в условиях нивального климата) в озерах накапливались в основном механические осадки (песчано-глинистые), которые могли быть частично смыты в период таяния ледников в конце позднего плейстоцена.

В периоды гумидизации климата, т.е. в межледниковьях позднего плейстоцена, и в особенности в голоцене, осадконакопление в озерах становилось преимущественно биогенным, т.е. их котловины заполнялись в основном растительными, а в меньшей степени механическими осадками, сносимыми с водосбора текучими водами. В зависимости от соотношения этих процессов накапливались либо илистые отложения, либо сапропели. В голоцене 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 деградации озер, несомненно, сохраняется и сегодня. Стоит отметить, что скорость зарастания Шатурских озер одна из самых высоких в Московском регионе, поскольку у этих озер максимально отношение площади к средней глубине. Несмотря на общую деградацию озер Шатурской группы, уровень воды в оз. Святом в голоцене вырос на 1,5—2 м. Согласно существующему предположению, за это время выросла мощность окружающих озеро торфяников, которые тянули за собой грунтовые воды. Это и привело к подъему их уровня и, соответственно, уровня воды в озере.

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 характера антропогенного воздействия на Шатурские озера и их водосбор (химическое загрязнение) мониторинг этих объектов должен в первую очередь основываться на контроле химизма воды и состава донных отложений, а также на анализе поступления и трансформации загрязняющих веществ. При разработке программы геоэкологического мониторинга Шатурских озер в первую очередь необходимо учесть следующие природные и природно-техногенные характеристики этих озер и их водосбора, связанные с особенностями геологического строения и истории развития озерных котловин:

— заполненность котловин Шатурских озер автохтонными биогенными осадками, обладающими высокой способностью к сорбции ионов тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Cd), и крупномолекулярными органическими соединениями (нефтепродуктами) и являющимися источником вторичного загрязнения вод озер при смене геохимической обстановки;

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

— тесная геохимическая 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 при его гумификации (разложении до бесструктурной массы) во вскрытых при торфоразработках залежах;

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

— ожидаемая в связи с этим активизация размыва береговой зоны озера и, как результат, ухудшение гидробиологических условий, повышение содержания терригенной составляющей в биогенном осадке;

— различная 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 Шатурских озер — их водосбор — определяют характер наиболее значимых физико-химических процессов миграции и трансформации загрязняющих веществ (осаждения, растворения, сорбции). Их учет позволяет прогнозировать поведение данных лимнических систем в условиях существующего техногенного воздействия (химического загрязнения вод нитратами и ТМ), а также оценивать гидрохимическую устойчивость этих лимносистем. Таким образом, решается оценочная и прогнозная задача геоэкологического мониторинга. Кроме того, анализ выделенных взаимосвязей между донными осадками,

озерными и грунтовыми водами необходим для рационализации программы мониторинга Шатурских озер, т.е. для определения перечня приоритетных загрязнителей, параметров и методов их контроля в воде и донных отложениях. На основе оценки гидрогеохимической устойчивости лимнических систем Шатурских озер установлены нормы допустимых техногенных нагрузок (объемы промышленных и бытовых стоков, тепловой поток от стоков ГРЭС, скорость гумификации торфа и т.д.).

Проведенные исследования геологического строения котловин Шатурских озер позволяют восстановить динамику изменений состояния их лимносистем в голоцене и выявить характер современных антропогенных эффектов; они будут детализированы путем послынного изучения строения донных отложений, их химического состава, споропыльцевых и диатомовых комплексов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Для оценки влияния антропогенных факторов на состояние лимнических систем необходим не только своевременный контроль гидрологических параметров озер, но и анализ геологического строения и современных тенденций развития их котловин.

Основным источником информации об истории изменения физико-химических и продукционно-биологических процессов в озерах является послынное изучение их донных отложений палеолимнологическими методами.

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

Образование единой озерной котловины в районе Шатурской ложбины стока произошло в пределах древней перигляциальной зоны при отступлении ледников Московского оледенения (средний плейстоцен). На протяжении позднего плейстоцена эта котловина заполнялась механическими (в нивальных условиях) и биогенными (в гумидных условиях) осадками, которые были частично размыты при таянии Валдайского ледника. В голоцене единый водоем фрагментировался на отдельные озера, которые мелели и сокращались по площади из-за интенсивного накопления в них сапропелей.

При решении оценочной и прогнозной задачи геоэкологического мониторинга Шатурских озер необходимо учитывать повышенную способность их донных отложений к сорбции тяжелых металлов и нефтепродуктов, тесное взаимодействие химического состава озерных вод и грунтовых вод окружающих торфяников (сходные рН и органические примеси) в условиях трансформации физико-химических и гидрогеологических свойств торфа при его техногенной гумификации (разложении).

В связи с техногенным влиянием на Шатурские озера (в том числе сбросом Шатурской ГРЭС теплых вод) прогнозируется формирование в них бескислородной восстановительной обстановки и изменение подвижности тяжелых металлов, Fe и Mn.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вагнер Б.Б., Дмитриева В.Т. Озера и водохранилища Московского региона: Учеб. пособие. — М.: МГПУ, 2006.
- [2] Лисицына Г.Н. Характеристика послеледниковых ландшафтов Подмосковья // Вестник 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.
- [4] Озера МНР и их минеральные ресурсы / Рассказов А.А., Лувсандорж Ш., Севастьянов Д.В. и др. — М.: Наука, 1991.

THE ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND HISTORY OF DEVELOPMENT OF LACUSTRINE KETTLES AS THE BASIS FOR GEOECOLOGICAL MONITORING (by the Example of Shatursky Group of Lakes)

A.A. Rasskazov, E.S. Gorbatov

Ecological Faculty
People's Friendship University of Russia
Podolscoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

To carry out of objective geoecological monitoring of lakes it is necessary not only timely supervision over their hydrological condition, but also the analysis of a geological structure and modern tendency of development of lacustrine kettles. On the basis of the geological and historical information was analyzed response Shatursky lakes systems on influence of some actual anthropogenous factors.

Key words: Shatursky group of lakes, fluvioglacial sediments, lacustrine kettles, geoecological monitoring, ground deposits, humification peats, thermal eutrophication.