ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА СЕСТРОРЕЦКИЙ РАЗЛИВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЕГО ОБСЛЕДОВАНИЯ В 2010 ГОДУ

Колтышев Алексей Евгеньевич,
(кандидат геогр. наук)
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург

E-mail: alkolt@yandex.ru

Аннотация: В работе рассмотрены результаты гидрохимического исследования водохранилища Сестрорецкий Разлив (как его вод, так и донных отложений). Сделано предположение, что водохранилище перешло в финальную стадию развития водоема: дистрофную. Кроме того, показано, что продолжается интенсивное заиление водоема, что ведет к усугублению процессов дистрофикации, дальнейшему обмелению и изменению береговой черты.

Ключевые слова: Водохранилище, водоем, малый водоем, заиление, обмеление, эвтрофикация, дистрофикация водоема, тяжелые металлы, донные отложения, загрязнение вод, БПК, растворенный кислород, загрязнитель воды, гидрохимия, гидрология, ПДК.

В июле 2010-го года студенты ГУАП проходили практику в Сестрорецке (Курортный район Санкт-Петербурга), изучая состояние водохранилища Сестрорецкий Разлив. Разлив является старейшим в мире водохранилищем (т.е. искусственно созданным еще Петром Великим водным объектом), ему уже почти 300 лет. Кроме того, Разлив является градообразующим объектом (некогда – для обеспечения работы оружейного завода, сейчас – как объект, способствующий высокой селитебной и рекреационной привлекательности Сестрорецка как района Санкт-Петербурга и как резервный источник водоснабжения района). Вместе с тем, за последнее десятилетие не выполнялось комплексных исследований гидрохимического и экологического состояния водохранилища, не была налажена система экологического мониторинга

Разлива. Поэтому полученные нами результаты являются крайне значимыми – они позволяют не только дать оценку нынешнего состояния Разлива, но и важны для развития знаний об эволюции искусственных водоемов вообще.

Разлив расположен среди торфяников, имеет треугольную форму и развитую береговую линию. Его площадь составляет ныне около 12 кв. км, протяженность береговой линии – около 21,5 км при нормальном подпорном уровне 8 метров. Глубина озера по всей площади равномерно-средняя и составляет сейчас 1,5 – 1,8 м, максимальные глубины не превышают 3,5 метров. Дно сильно заиленное, засоренное топляком, бытовым и техническим мусором, на значительной части акватории заросшее водной растительностью, главным образом, камышом и хвощом. Современная мощность песчано-илистых донных отложений составляет на большей части акватории 1,5 – 2,5 м, изменяясь от нуля до 4,5 м и более [1, 2, 3, 4].

По результатам исследований в 1999 – 2002-х гг. вода характеризовалась средними значениями общей минерализации (64 - 70 мг/л), относилась к сульфатному классу группы натрия, обогащена хлоридами. Величина pH воды варьировала в пределах от показателей, близких к нейтральным (6,6 – 7,5) в мае, до щелочных (9,5 – 9,8) в июле-августе 2002 г. Вода Разлива была загрязнена тяжелыми металлами, фенолами, нефтепродуктами. Отмечалось превышение ПДК для рыбохозяйственных водоемов по алюминию в 3 – 4 раза, по железу до 40 раз, по марганцу в 2 – 8 раз, по фенолам в 1,2 –11 раз и по нефтепродуктам в 1,1 – 4 раза [5, 6]. Вода Разлива богата органическими веществами как аллохтонного, так и автохтонного происхождения, на что указывали высокие значения концентраций органического углерода, биогенных элементов и показатели БПК5. Содержание органического углерода изменялось в пределах 16 – 29 мг/л и было заметно выше, чем в 1980-е годы (6 – 22 мг/л).

Из вышеизложенного следует, что водохранилище по состоянию на начало XXI века было гиперэвтрофным, находилось в критической, прогрессивно ухудшающейся экологической ситуации, было неблагополучно по санитарно-гигиеническим показателям. За последние 8 –10 лет состояние водохранилища могло значительно измениться, поэтому нами была поставлена следующая задача: оценить состояние водоема летом 2010-го года и сравнить полученные результаты с состоянием на 1999 – 2002 гг., т.е. с экологическим состоянием фактически десятилетней давности.

Для обследования водохранилища нами была разработана схема отбора проб воды, которая представляет собой сетку из 30 точек, равномерно распределенных по акватории (включая устья рек Сестры и Черной и пляжи), и дающая возможность получить как объективную характеристику состояния водоема в целом, так и оценить пространственную изменчивость гидрохимических характеристик по акватории.

Отборы проб воды осуществлялись с борта плоскодонного катера. Для отбора проб воды использовался пятилитровый батометр конструкции Нискина, пробы отбирались на глубинах около 0,5 м, в отдельных точках и с больших глубин. Кроме того, осуществлялись промеры глубин с помощью лота, отборы проб донных отложений, измерения температуры воды и содержания растворенного кислорода на различных горизонтах in situ, а так же выполнялись визуальные наблюдения за состоянием водоема.

Для анализа полученных проб воды и донных отложений использовались различные методики и приборы [7]. Спектрофотометрия – это метод абсорбционного анализа, основанный на изучении спектров поглощения в оптической области электромагнитного излучения. С использованием этого метода определялись концентрации анализируемых веществ до моль/л. Капиллярный электрофорез основан на разделении заряженных компонентов сложной смеси в кварцевом капилляре под действием приложенного электрического поля. Качественной характеристикой вещества является время миграции, а количественной – высота или площадь пика, пропорциональная концентрации вещества. Для проведения качественных анализов (в т. ч. и тяжелых металлов) использовался анализатор капиллярный ионный НАНОФОР 01. Определение pH осуществлялось с помощью стандартного pH-метра. Для определения плотности воды был использован способ определения с помощью тетрабромэтана. Удельная электропроводимость используется для оценки общего количества растворенных в воде твердых веществ, численное измерение этой физической величины осуществлялось методом кондуктометрии. Содержание растворенного кислорода определялось оксиметром МАРК-302Т. Определение БПК производилось по методу Винклера.

Наши анализы проб дали следующие основные результаты.

1. Кислородный режим водоема в целом благоприятен, содержание растворенного кислорода в водах достаточно высокое и колеблется в пределах от 8,1 мг/л до 11,1 мг/л (при ПДК для водоемов рыбохозяйственного пользования не менее 6 мг/л). Однако в устье р.Черная содержание растворенного в воде кислорода имело значение намного ниже норматива – всего 2,3 мг/л. Этот факт говорит о неблагоприятном качестве вод р. Черная, приносящей в водоем воды, обедненные кислородом и загрязненные органикой.

2. БПК за 10 суток в некоторых точках отбора проб превышает норматив для хозяйственно-питьевого водопользования (3 мг/л), но во всех точках соответствует нормативу для водоемов культурно-бытового пользования (6 мг/л). По БПК за 5 суток практически во всех контрольных точках наблюдается превышение норматива для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования (2 мг/л), а также и нормативов культурно-бытового водопользования (4 мг/л). Значительная часть растворенного кислорода расходуется, очевидно, на

окисление обнаруженных в водах гумусовых соединений, что и приводит к увеличению БПК. На основе этих данных можно сделать вывод, что Разлив соответствует категории умеренной степени загрязнения.

3. Анализ химического потребления кислорода (ХПК) показал, что значения не превышают норматив качества для питьевой воды.

4. Во всех пробах воды обнаружено наличие трехвалентного железа в составе солей фульвокислот, придающих воде желтый оттенок.

5. Качественные реакции на ионы свинца, ртути, никеля, алюминия, меди показали отсутствие указанных металлов в воде Разлива.

6. В донных отложениях обнаружены соединения трехвалентного железа в незначительном количестве, а так же нерастворимые фосфаты свинца, ртути, никеля, алюминия, меди. Таким образом, качественный анализ показывает наличие в верхних слоях донных отложений суммы таких металлов, как свинец, ртуть, никель, алюминий, медь, предположительно в незначительных количествах.

7. При анализе проб воды с помощью прибора НАНОФОР практически во всех проанализированных пробах было выявлено содержание сульфатов, не превышающее ПДК для питьевой воды.

8. В проанализированных пробах воды было выявлено содержание фторидов, превышающее установленные нормативы для хозяйственно-питьевого водопользования.

9. Содержание в пробах воды хлоридов не превышает установленный норматив для хозяйственно-бытового водопользования.

10. Фосфатов не выявлено (за исключением одной пробы).

11. Значения водородного показателя pH колеблются в пределах 6,13 – 7,6 и в большинстве точек соответствуют нормативу качества (6,5 – 8,5). Результаты проведенного анализа показывают, что в настоящее время вода Разлива в основном нейтральна.

12. Общая жесткость во всех проанализированных пробах соответствует нормативам качества. В соответствии с полученными данными анализируемую воду можно классифицировать как мягкую.

13. Максимальное обнаруженное значение солесодержания – 128,5 мг/, оно не превышает нормативов качества (500 мг/л).

14. По результатам органолептического анализа запаха проб вод им можно присвоить квалификацию в 2 балла, то есть «запах слабый, определяется потребителем, если обратить на это его внимание». Мутность проб воды либо не заметна, либо опалесцирующая. Цветность проб воды варьируется от светло-желтоватого до коричневатого. В 1963 году была введена в эксплуатацию Сестрорецкая водопроводная станция [1]. Несмотря на то, что с 2000 года Разлив формально не используется даже как резервный источник водоснабжения

Сестрорецка, имеются данные, что это не соответствует действительности, на самом деле окончательное решение и меры были приняты лишь после 2008-го года. При этом имеются данные, полученные лично автором от ряда жителей Сестрорецка: когда район переводился на питание водой из Разлива (как из резервного водоема), было много жалоб населения на органолептические показатели воды – цвет, запах и мутность.

Таким образом, по большинству показателей превышений ПДК и типичных для малых водоемов естественных значений гидрохимических элементов выявлено в целом не было. В связи с этим можно сделать вывод о том, что по гидрохимическому состоянию в 2010 году водоем находился в относительно благоприятном состоянии. Вместе с тем, серьезную тревогу вызывают обнаруженные в донных отложениях следы тяжелых металлов, недостаток кислорода в водах устья р. Черной и наличие трехвалентного железа (фульвовых кислот) в водах Разлива.

Комплекс работ и анализов, выполненных в июле 2010 года, позволяет сделать ряд важных заключений о текущем гидрохимическом и экологическом состоянии водохранилища Сестрорецкий Разлив.

1. Очевидно, что по сравнению с ситуацией начала века, гидрохимическое и экологическое состояние водоема изменилось кардинально. Можно полагать, что основной период антропогенного загрязнения пришелся на 1950 – 1990 гг. Максимум содержания антропогенных загрязнителей в водохранилище приходится примерно на 1990 – 2000-й годы, т.к. к середине – концу 80-х гг. советская промышленность достигла пика развития и поступление загрязнителей в Разлив было максимальным. С начала 90-х гг. объемы промышленного производства стали резко уменьшаться, свернулась сельскохозяйственная деятельность. К настоящему времени поступление загрязнителей резко уменьшилось, значительная же часть имевшихся в водах загрязнителей была вынесена в Финский залив (имеется гидравлическая связь) или перешла в донные отложения. Т.к. способность водохранилища к самоочищению за вторую половину XX века исчерпана, видимо, не была, а поступление загрязнителей уменьшилось, за первое десятилетие XXI века состояние вод водохранилища по наличию загрязнителей заметно улучшилось. В целом анализы проб практически не выявили превышений ПДК в воде по тем загрязняющим веществам, которые нами определялись. Вместе с тем, вода Разлива по-прежнему непригодна для использования в качестве питьевой из-за высокого содержания солей железа в составе фульвокислот, т.е. гумусовых веществ.

2. Несколько неожиданным результатом, обнаруженным нами, является отсутствие в воде фосфатов (они были выявлены лишь в одной пробе). Вместе с тем, по результатам исследования состояния Разлива в 1999 – 2002 годах, водоем

был признан гиперэвтрофным, в водах отмечался избыток фосфатов и, соответственно, недостаток растворенного кислорода. В настоящее время содержание кислорода в водоеме в целом соответствует норме, поскольку фосфатов практически нет. Наиболее вероятной причиной такого изменения состояния водоема можно полагать сворачивание сельскохозяйственной деятельности за последние 10 – 20 лет. В результате фосфаты, присутствовавшие в водах к рубежу XX – XXI веков, были вынесены в Финский залив стоком из водохранилища или осели в донных отложениях (в которых нами было выявлено наличие фосфатов тяжелых металлов), в силу чего процесс эвтрофикации, вероятно, перешел в следующую, финальную стадию. Разлив является малым искусственным водоемом и после эвтрофной стадии он не может стать мезотрофным без целенаправленного вмешательства человека, какового за последние десятилетия не было.

3. В 2010 году при отсутствии фосфатов и нормальном содержании растворенного кислорода, в воде было обнаружено большое количество гумусовых веществ (в частности, фульвокислот), чем и объясняется видимый желтоватый цвет воды, что характерно для водоемов дистрофного типа. Кроме того, наблюдались и другие признаки дистрофности – слабые возможности для питания гидробионтов (малое количество рыбы), превышения ПДК по БПК5, зарастание водоема, обмеление при характерном для дистрофных водоемов небольшом размере и расположении среди лесов и болот, откуда и вымываются гумусовые кислоты. Поэтому можно предположить, что водоем перешел из гиперэвтрофной в дистрофную стадию, однако для подтверждения этой гипотезы требуются дополнительные исследования и организация мониторинга состояния вод водохранилища.

4. Результаты промеров глубин, выполненные с помощью лота, показали, что во всех точках глубины значительно уменьшились по сравнению с результатами промеров, выполненных в 1991 году НПСФ «Гидробалт» и Беликовым-Глазуновым в 1998 году [5,6]. Например, в центральной части водоема измеренные нами глубины составили 1,8 – 1,9 м, тогда как в 1998 году в этих же точках они превышали 2,0 м. Самая глубокая из промеренных в 2010 году глубин – 3,25 м, тогда как 10 лет назад глубина в этой точке составляла 3,85 м. На одном из участков акватории плоскодонный катер с осадкой менее полуметра сел на мель – этой мели несколько лет назад еще не существовало. Об обмелении водохранилища можно визуально судить и по увеличению тростниковой растительности: количество таких растительных «островов» и их площадь за 10 лет заметно увеличились, особенно у западного берега водоема. Все это говорит о том, что скорость заиления водоема не только не снижается, но продолжает возрастать. Состав донных отложений преимущественно биогенный, т.е. автохтонный. В хорошо проточных водоемах постепенное заполнение

котловин наносами приводит к уменьшению их емкости и при более или менее неизменном уровне увлажненности и притока вод – к возрастанию транзита веществ, в результате чего скорость заиления постепенно снижается и наступает состояние, близкое к равновесию между поступлением и сбросом наносов. В случае Разлива признаков такого равновесия по результатам нашей оценки динамики изменения глубин и заиления не наблюдается, что является следствием слабой проточности водоема. Кроме того, слабопроточные водоемы с малыми глубинами (каким и является Разлив) хорошо прогреваются, в них интенсивен процесс зарастания, в результате чего они и должны превратиться в низинные болота. Все признаки этого процесса наблюдаются в Разливе, что можно оценить как крайне тревожное явление, требующее принятия неотложных мер.

5. Пробы донных отложений отбирались из верхнего их слоя 10 – 30 см. Если принять в качестве грубой оценки скорость накопления донных отложений за 1 см/год (по Беликову [5, 6] – от 1 до 2 см/год), то ясно, что верхний слой, из которого отбирались пробы, накопился в течение последних 10 – 15 лет, т.е. именно тогда, когда, по нашему предположению, поступление загрязнителей в водоем существенно уменьшилось в сравнении с периодом 1950 – 1990 гг. Вместе с тем, методом качественного анализа выявлено наличие в верхнем слое донных отложений тяжелых металлов, являющихся опасными загрязнителями. Следует предполагать, что количество загрязняющих веществ в донных отложениях на большей глубине (т.е. в более старых отложениях) может быть значительно большим.

Наш главный вывод заключается в том, что состояние Разлива вызывает серьезные и обоснованные опасения, но не в плане загрязненности вод. Требуются дополнительные исследования и налаживание системы мониторинга состояния водоема, но уже очевидно, что имеют место явные признаки дистрофикации и начала перехода Разлива в состояние болота. Превращение Разлива в болото вызовет негативные социальные и экономические последствия, в первую очередь – потерю привлекательности Сестрорецка как курортной и селитебной зоны, а так же потери для всего Санкт-Петербурга, связанные с ухудшением состояния здоровья населения.

В связи с этим становится очевидным, что уже в ближайшее время необходимо предпринять меры по восстановлению нормального состояния водохранилища. Предлагаются различные способы, например, ликвидация Разлива как такового вообще [8], однако такая мера представляется нам экстремальной и ничем не оправданной, т.к. это вызовет неблагоприятное изменение микроклимата Сестрорецка. Так же, как известно, предполагается строительство очистных сооружений на р. Черной, но это не приведет к кардинальному улучшению состояния Разлива, т.к. основная проблема (по

результатам наших исследований) заключается ныне не в химическом загрязнении его вод, а в заилении.

Полученные нами выводы говорят о том, что в первую очередь необходимо вложить финансовые средства не в очистные сооружения на р.Черной, а в дноуглубительные работы на акватории Разлива. Восстановление батиграфии, близкой к изначальной, полностью устранит зарастание водоема, приведет к усилению конвекции вод и, соответственно, к обогащению их кислородом, улучшит водообмен, повысит трофность и остановит дистрофикацию водохранилища как минимум на 200 – 300 лет. Для достижения этой цели так же требуется расчистка устья р.Черной, чтобы восстановить ее водоток и уменьшить дефицит кислорода в водах этой питающей Разлив реки. Только после решения этих первостепенных задач имеется смысл в строительстве очистных сооружений на р.Черной в Сертолово.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. - URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Сестрорецкий_Разлив
2. [Электронный ресурс]. - URL: http://www.aroundspb.ru/history/syster/syster.php
3 Амирханов Л.И., Гараева Р.Н. и др. История Сестрорецка и его окрестностей. Том 3 / Л.И.Амирханов. СПб.: «Издательско-Торговый Дом «ОСТРОВ», 2008. 224 с.
4. [Электронный ресурс]. - URL: http://mmorpgbb.ru/foegwoeg/Сестрорецкий_Разлив#.D0.97.D0.B0.D0.B8.D0.BB.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5_.D0.B2.D0.BE.D0.B4.D0.BE.D1.85.D1.80.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D0.BB.D0.B8.D1.89.D0.B0
5. Беликов В.В. Тайны озера Разлив / В.В. Беликов. СПб: ООО Взгляд. XXI век, 1999. 177 с.
6. Беликов В.В. Искусственное водохранилище: Озеро Сестрорецкий Разлив / В.В. Беликов. СПб: ООО Взгляд. XXI век, 1999. 148 с.
7. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. М: Химия, 1971. 453 с.
8. [Электронный ресурс]. - URL: http://www.fontanka.ru/2002/08/02/65327/