УДК 622.2:574.4/5

Д.С.ПЕТРОВ
Горный факультет, студент группы ИЗ-96,
ассистент профессора

ТЕХНОГЕННАЯ СУКЦЕССИЯ р.ЛУГИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОАО «ФОСФОРИТ»

Изучено влияние горно-промышленного предприятия ОАО «Фосфорит» на экосистему реки Луги. Установлены важнейшие пути воздействия, определена его зона. Для количественной оценки многокомпонентной техногенной нагрузки на водную среду разработан и применен оригинальный количественный показатель, отражающий кратность превышения устойчивости биоты. Учтены и проанализированы техногенные изменения основных абиотических и биотических параметров среды. По величинам «индекса загрязненности воды» воды р. Луги в зоне воздействия характеризуются как «загрязненные», результаты биоиндикации свидетельствуют об интенсивном эвтрофировании и токсификации водотока. Наиболее значительными и показательными оказались изменения макрозообентоса, который в связи с этим использовался как основной биоиндикатор. Как выяснилось, в зоне воздействия устойчивость экосистемы существенно (на отдельных участках зоны – более чем вдвое) превышена. Этот уровень техногенной нагрузки близок к критическому, вызывающему необратимые изменения экосистемы. В то же время уровень воздействия ОАО «Фосфорит» на гидроэкосистему оказался все же несколько меньше ожидаемого с учетом специфики технологии производства удобрений и масштабов накопления вторичных отходов. С учетом роста производства удобрений на фоне приближения уровня воздействия к критическому необходимо, как минимум, вдвое снизить современную техногенную нагрузку. Соответствующие природоохранные мероприятия должны быть разработаны и реализованы незамедлительно.

«Phosphorite» mining joint-stock company influence on the ecosystem of Luga River has been studied. The main ways of influence and its impact zone have been determined. To make quantative estimation of polycomponent technogenic load on water environment an original quantity index, reflecting the ratio of excess of biota stability has been worked out and applied. Technogenic changes in main abiotic and biotic parameters of medium have been analyzed and taken into consideration. The waters of the Luga River in impact zone are characterized as «contaminated» according to the values of «water pollution» index. The results of bioindication illustrate intensive eutrofication and toxification of water stream. Changes in macrozoobentos used as main bioindicator have appeared to be more considerable and significant. It has been turned out that the stability of ecosystem in the zone of influence is exceeded considerably (on some parts of the zone – twice as much). This level of technogenic load is similar to a critical one, which causes irreversible changes of the ecosystem. At the same time the level of influence of «Phosphorite» mining joint-stock company on a hydro-ecosystem has appeared to be a little less than the anticipated one taking into consideration the production technology specificity of fertilizers and scales of accumulation of secondary waste. It is necessary to reduce the modern technogenic load at least twice, taking into consideration the growth of production of fertilizers and the possibility of reaching a critical level of influence equal to a critical one.

Proper nature protection measures must be worked out and realized immediately.

Имеющиеся в литературе сведения о состоянии экосистемы р.Луги за последние десятилетия, по сути, ограничиваются результатами регулярных наблюдений на нескольких постах гидрометеослужбы (небольшой стандартный набор гидрологогидрохимических характеристик). Современное состояние запасов ценных гидробионтов практически неизвестно. Сведения об антропогенном воздействии на биоту рек и, в частности, о роли в нем ОАО «Фосфорит» также весьма отрывочны.

В качестве исходных данных использованы фондовые материалы СПГГИ (ТУ) о воздействии ОАО «Фосфорит» на окружающую природную среду, данные литературы и природоохранной документации ОАО «Фосфорит», а также оригинальные материалы полевых гидроэкологических исследований, выполненных в июле-августе

1998-2000 гг. Отбор проб осуществлялся на реках: Луга (три створа: на 2 км выше г.Кингисеппа по течению, на порогах в г.Кингисеппе и на 2 км ниже ОАО «Фосфорит» по течению), Хревица, Лемовжа, Врута, Азика (по одному створу). Гидрохимические анализы проводились по стандартным методикам в СПГГИ (ТУ) и в региональном центре «Мониторинг Арктики». Учет ихтиофауны проводился с использованием электроловильного агрегата. Пробы перифитона, фитопланктана, зоопланктона и зообентоса доставлялись на кафедру ЭАиОТ и обрабатывались по общепринятым гидробиологическим методикам. Статистический и математический компьютерный анализ данных проводился на кафедре ЭАиОТ.

Интерпретация результатов химического анализа проб воды осуществлялась согласно действующим нормативам ПДК и ОБУВ для водоемов рыбохозяйственного использования. Поскольку воздействие предприятий горной промышленности на экосистемы отличается особой сложностью и непосредственно учесть все его компоненты практически невозможно, особую роль в экологической диагностике приобретают методы биоиндикации, обеспечивающие наиболее полную и надежную оценку состояния природной среды. В качестве основных биоиндикаторных характеристик экосистемы рек использовались характеристики макрозообентоса, которые наиболее четко отражают состояние гидроэкосистем и их антропогенные изменения. При анализе учитывались: видовой состав макрозообентоса; состав видов-индикаторов сапробности; показатели видового многообразия, разнообразия, обилия (плотность, биомасса); индексы Ротшайна (КР), Пантле и Букка в модификации Сладечека (КС), Вудивисса (КВ), Пареле (КП), Балушкиной (КБ), Шуйского (*У*). Оценивался также видовой состав, показатели обилия и индексы сапробности фитопланктона, микрофитобентоса и зоопланктона. В притоках р.Луги, имеющих высшую категорию рыбохозяйственной ценности, оценивалась также популяционная плотность стенобионтных видов рыб (лососевых, сиговых) и состояние нерестово-выростных участков лососевых.

Основные виды деятельности ОАО «Фосфорит» – разработка Кингисеппского месторождения фосфоритов, добыча открытым способом и обогащение фосфоритной руды, производство минеральных удобрений (с полным циклом). Кингисеппское месторождение фосфоритов расположено в Кингисеппском районе Ленинградской области, в 120 км от Санкт-Петербурга. Западная, восточная и южная границы месторождения совпадают с береговыми линиями рек Луги, Нарвы и Нарвского водохранилища; северной границей является линия Балтийско-Ладожского глинта, ограничивающего распространение продуктивного горизонта фосфоритов.

Основными источниками загрязнения Лужской гидроэкосистемы являются твердые, жидкие и газообразные отходы различного генезиса, образующиеся на всех стадиях добычи и переработки фосфатного сырья.

При добыче фосфоритов происходит образование карьерных вод с общим средним дебитом до 11500 тыс. $м^3$/год, сброс которых, в итоге, осуществляется в р.Лугу. Кроме того, в реку поступают частично очищенные производственные и ливневые сточные воды (около 5300 и 7500 тыс. $м^3$/год соответственно).

В р.Луге осуществляется также инфильтрация сточных и дренажных вод с территорий, занятых отходами производства. Наибольшую опасность для гидроэкосистемы представляют хранилища мокрых фосфогипсов и шламонакопители (с инфильтрационными потерями из них более 40 и более 10 $м^3$/ч соответственно). Загрязнение вод р.Луги и ее притоков инфильтратами сточных и дренажных вод с территорий, занятых отходами производства, определяется общим падением пластов коренных пород.

Кроме того, загрязнение вод происходит при выпадении атмосферных осадков (содержащих выбрасываемые в атмосферу оксиды серы, азота и фосфора) и вследствие слива с поверхности земель продуктов их аэрозольного загрязнения. Нельзя исключить возможность периодического воздействия выбросов ОАО «Фосфорит» на экосистему р.Луги и ее притоков при распространении поллютантов в атмосфере и выпаде-

нии осадков. В связи с этим в настоящей работе проводится оценка экологического состояния не только р.Луги, но и ее правых притоков, впадающих выше по течению. Эти водотоки расположены на юго-востоке от ОАО «Фосфорит» (одно из преобладающих направлений ветра).

Наиболее подробно изучено поступление поллютантов в р.Лугу непосредственно со сточными водами различного происхождения. Результаты гидрохимических анализов показывают, что при этом выполняются не все нормативы ПДС и концентрации ряда веществ в водах р.Луги существенно превышают ПДК. Так, повышены концентрации взвешенных веществ, БПК, железа, алюминия, фторидов, аммонийного и нитратного азота, фосфатов, сульфатов, хлоридов, нефтепродуктов, талловых мыл, фенолов, меди (по некоторым веществам – превышение ПДК и ПДС на 1-2 порядка).

Из накопителей отходов производства основными источниками загрязнения вод являются: шламонакопитель для хранения осадков от очистки промстоков; хранилища сухого фосфогипса; хвостохранилища обогатительной фабрики.

Шламонакопитель выстроен не на целиковом основании, а на нарушенных и ландшафтно-рекультивированных грунтах, имеет двухслойный пленочный экран. Однако результаты анализа воды из контрольных скважин показывают, что поллютанты (сульфаты, фосфаты, железо и др.) все же просачиваются в грунтовые воды и распространяются с ними в южном направлении.

Смывы с поверхности *отвалов фосфогипса* скапливаются в дренажных канавах, стоки из которых поступают в р.Лугу без очистки, так как строительство соответствующих очистных сооружений еще не завершено.

При эксплуатации *хвостохранилищ* прудковые воды, фильтруемые через тело намывных песков и оградительных дамб, перехватываются дренажными канавами. Воды последних являются источником загрязнения грунтовых вод верхней части озерно-ледниковых отложений. Наблюдается повышение содержания ионов фтора, фосфатов, нефтепродуктов, резкое возрастание величины ХПК. Однако по мере удаления от дренажной траншеи по направлению к р.Луге концентрации основных загрязняющих компонентов уменьшаются.

Следует отметить, что с грунтовыми водами в р.Лугу мигрируют инфильтраты не только складированных отходов производства, но и неочищенных дренажных, карьерных и промышленных вод.

Таким образом, основная часть поверхностного и подземного стока, формирующегося на территории промышленного комплекса, в итоге все же поступает в р.Лугу. Исключение составляет доля поверхностного стока, используемая в производственных циклах, а также его потери при инфильтрации и испарении (всего около 20 %).

Результаты гидрохимического анализа показывают следующее. Концентрация нитритов в р.Луге варьирует от 0,000 до 0,138 мг/л, нитратов – от 0,00 до 5,00 мг/л, фосфатов – от 0,000 до 0,106 мг/л. В зимний период содержание нитратов достигает максимальных значений. Содержание железа в воде р.Луги и указанных ее притоков становится максимальным в периоды летней и зимней межени и иногда достигает 2,6 мг/л, в остальное время – не превышает 1 мг/л.

По величинам индекса загрязненности воды (ИЗВ = 1,6÷1,8) воды р.Луги характеризуются как «умеренно загрязненные».

На створе, расположенном ниже ОАО «Фосфорит» по течению, по сравнению со створами, выбранными выше г.Кингисепп и в черте города, достоверно возрастали концентрации биогенных элементов (минеральных и органических соединений фосфора, нитратов, аммония), ионов фтора, сульфатов, нефтепродуктов. При этом наблюдалось превышение как соответствующих ПДК, установленных для водоемов рыбохозяйственного использования, так и диапазонов концентрации этих веществ, допустимых для биоты лососевых рек. Здесь же отмечалось и достоверное увеличение показателей органического загрязнения.

Состав микрофитобентоса соответствует условиям олиго-β-мезосапробности, т.е. воды характеризуются как «умеренно загрязненные».

Видовой состав фитопланктона р.Луги на всем изучаемом участке характеризует ее как β-мезосапробный водоток (воды «загрязненные»).

По продукционным свойствам зоопланктона реки Вруда, Лемовжа и Азика относятся к «среднему» классу трофности (α-β-мезотрофность), р.Луга – к «высокому» классу (β-эвтрофность). Судя по видовому составу и по приведенным количественным характеристикам зоопланктонных сообществ, водотоки можно характеризовать как олиго-β-мезосапробные (воды «умеренно загрязненные»).

Структурно-функциональные характеристики макрозообентоса свидетельствуют, что изучаемые водотоки являются «умеренно загрязненными». При этом показатели обилия и продуктивности бентоса довольно велики и соответствуют уровню β-мезо-α-эвтрофности («средней» – «повышенной» трофности). Следовательно, умеренное техногенное загрязнение водотоков сопровождается антропогенным эвтрофированием.

Однако, в р.Луге на створах в черте г. Кингисеппа и ниже ОАО «Фосфорит» по течению бентос был значительно угнетен по всем количественным характеристикам, включая и показатели обилия, что свидетельствует об эвтрофировании в сочетании со значительной, хронической техногенной интоксикацией гидробионтов.

Показатель результирующей антропогенной нагрузки Y оказался минимальным в р.Азика ($Y = 0{,}9$, т.е. биота еще сохраняет запас прочности к антропогенному воздействию), максимальным – в реке Луге ($Y = 2{,}3$, т.е. антропогенное воздействие уже достоверно изменило биоту, превысив запас ее прочности более чем вдвое). В изучаемых притоках воздействие превышает запас ее прочности в 1,2-1,8 раза.

Все изучаемые реки относятся к высшей категории рыбохозяйственного использования. Видовой состав ихтиофауны, значения популяционной плотности основных видов рыб и состояние нерестово-выростных участков лососевых позволяют отнести водотоки к категории «умеренно загрязненных».

Таким образом, по совокупности изучаемых абиотических и биотических характеристик гидроэкосистемы всех изучаемых водотоков следует отнести к категории олиго-β-мезосапробных («умеренно загрязненных») со средней продуктивностью.

Результаты проведенных гидроэкологических исследований выявляют достоверное, существенное влияние ОАО «Фосфорит» на многие абиотические и все основные биотические показатели лужской гидроэкосистемы. На участке р.Луги ниже ОАО «Фосфорит» воды соответствуют характеристикам α-β-мезосапробного («загрязненного») малопродуктивного водотока. При этом антропогенное воздействие привело к существенному лимитированию биоты.

Дальнейшее увеличение антропогенной нагрузки на лужскую гидроэкосистему (до $Y = 3$, т.е. на 30 % по сравнению с современным уровнем) способно вызвать необратимые изменения ее состояния и утрату запасов ценных гидробионтов. Воздействие на лужскую гидроэкосистему оказывается не только при сбросе сточных вод, но и при переносе поллютантов в атмосферу, поскольку характерные изменения испытывают и притоки р.Луги, расположенные выше комбината по течению. При этом запас прочности гидроэкосистемы притоков к воздействию местами превышается почти двукратно ($Y \approx 1{,}8$).

До настоящего времени наблюдаемые изменения лужской экосистемы в зоне влияния ОАО «Фосфорит» можно считать обратимыми. Следовательно, при увеличении экологической безопасности производства пока еще возможно постепенное самоочищение, возвращение исходных параметров речной экосистемы и восстановление запасов ценных гидробионтов. При дальнейшем же усилении антропогенного воздействия на лужскую экосистему всего на 30 %, по сравнению с современным уровнем, резко возрастает вероятность ее быстрой и необратимой деградации во всей зоне влияния ОАО «Фосфорит». Это обусловливает повышенные требования к разработке и реализации системы природоохранных мероприятий для ОАО «Фосфорит».

Научный руководитель профессор, д.б.н. *В.Ф.Шуйский*