

ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОСБОРА Р. НЕРУТА, НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ

Е. В. Хлопцева, В. А. Даувальтер*

Мурманский государственный технический университет (МГТУ),

*Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

Данная статья подготовлена по материалам дипломной работы Е. В. Хлопцовой (научный руководитель проф., д.г.н. В. А. Даувальтер) на тему «Экологическое состояние реки Неруты в современных условиях», защищенной в 2004 г. в Мурманском государственном техническом университете по специальности 013600 — Геоэкология.

Интенсивное развитие нефтяных промыслов на северо-востоке Европейской части России обусловило создание развитой инфраструктуры и резкое увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы, в том числе и на водные (Лукин и др., 2000). Как известно, водоемы служат коллекторами всех видов загрязнения, а донные отложения (ДО) накапливают информацию о потоках техногенных элементов в биосфере в историческом разрезе. Законы поведения и взаимодействия техногенно-внесенных веществ в субарктических регионах отличаются в силу климатических и ландшафтно-географических особенностей, а токсичные свойства загрязняющих веществ проявляются более активно в низкоминерализованных водах (Моисеенко и др., 1997). Один из центров экологического неблагополучия в этом регионе — р. Печора и ее бассейн. Печорский бассейн с экологической точки зрения — особый регион, уникальность которого заключается в том, что здесь проходит западная и восточная граница распространения многих сибирских и европейских видов рыб, относящихся к лососево-сиговому комплексу, и происходит частичное перекрытие их ареалов, что определяет большее биологическое разнообразие видов (Лукин и др., 2000).

В рамках международного проекта SPICE (Sustainable Development of the Pechora Region in a Changing Environment and Society) проведены исследования качества воды и химического состава донных отложений водных объектов водосбора р. Печоры (Kuhry et al., 2003). В этой

работе представлены результаты исследований станции F4 — бассейна р. Неруты, Ненецкий автономный округ, проведенные летом 2000 г. (рис. 1). Станция F4 включает р. Нерута (F4-1) и 4 озера (рис. 2).

Цель исследований: изучить качество воды и химический состав ДО, а также оценить степень загрязнения территории бассейна р. Нерута.



Рис. 1. Месторасположение водосбора р. Нерута (станция F4)

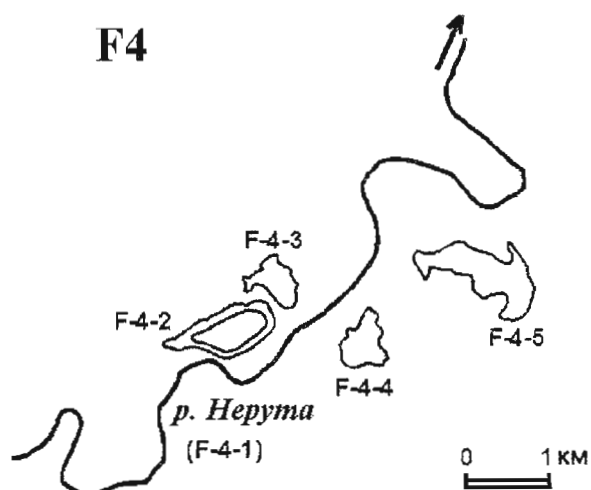


Рис. 2. Месторасположение объектов исследований на водосборе р. Нерута

Задачи исследований: проанализировать химический состав воды и ДО; выявить основные факторы, влияющие на изменение химического состава ДО; исследовать территориальное и вертикальное распределение элементов-загрязнителей и соединений в ДО; применить седиментологический подход для оценки геоэкологического состояния территории водосбора р. Неруты.

Основное внимание в исследовании уделялось изучению качества воды и ДО, накоплению и распределению металлов. Пробы воды отбирались батометром с глубины 1 м от поверхности воды. Аналитическая программа включала в себя измерения рН, электропроводности, щелочности, сульфатов, основных ионов, тяжелых металлов. Пробы ДО отбирались на акваториях с максимальной глубиной озера колонкой открытого гравитационного типа с автоматически закрывающейся диафрагмой (внутренний диаметр 45 мм) (Skogheim, 1979). Колонки ДО были разделены на 1-см слои. Обработка проб ДО включает в себе: высушивание; определение влажности, прокаливание и определение потерь при прокаливании (ППП); определение содержания элементов методом атомно-абсорбционной спектроскопии после обработки проб концентрированной азотной кислотой (Даувальтер, 2004). Концентрации Hg и As определялись с использованием атомной абсорбции холодно-го пара.

Для определения качества вод бассейна

р. Неруты были отобраны пробы воды из р. Нерута и 4 озер (рис. 2). Площадь всех озер небольшая — от 0.1 до 0.5 км². Озера являются неглубокими, максимальная глубина отмечена у озера F4 — 2—6 м (Патова, 2000). Все озера имеют рН между 6.74 и 7.48 и щелочность от 238 до 858 мкэкв/л, однако, процесс закисления в исследуемых озерах не наблюдается (табл. 1). Минерализация воды всех озер достаточно низкая. В формировании поверхностного стока большую роль играют грунтовые воды четвертичных отложений и болотные воды, что обуславливает низкую минерализацию, так как коренные породы мало выщелачиваются, четвертичные отложения сильно промыты, а почвенный покров очень тонок (Лукин и др., 2000). Из микрокомпонентов Al, Fe, Mn, Sr, As имеют повышенные концентрации по сравнению с водами Кольского п-ова (Моисеенко и др., 1996). Установлено, что концентрации Al, Fe и Cu превышают предельно-допустимые концентрации для воды рыбохозяйственных водоемов (40, 100 и 1 мкг/л соответственно) практически во всех исследованных водных объектах.

Особенность промышленного освоения Ненецкого автономного округа — его нацеленность на добычу и переработку топливно-энергетического сырья (нефть, газ, газовый конденсат). Она определяет специфику существующего загрязнения. Ряд элементов (например, Cd, Pb, Hg, As), попадают в водотоки путем воздушного переноса. Основными источниками загрязнения

Таблица 1

Основные гидрохимические параметры водных объектов водосбора реки Нерута

Станция	рН	Электр. пропр., мкс/см	NH ₄ ⁻ , мкгN/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Na ⁺ , мг/л	K ⁺ , мг/л	Щелочн., мкгэкв/л	SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , мг/л		Cl ⁻ , мг/л	N _{общ.} [?] , мкгN/л	PO ₄ ³⁻ , мкгP/л	P _{физ.} [?] , мкг/л	P _{нефил.} [?] , мкг/л
									SO ₄ ²⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мкгN/л					
F 4-1	7.48	177	70	11.4	4.70	18.6	1.13	858	2.80	1	28.2	333	18	26	83
F 4-2	7.07	43	30	3.53	1.06	3.41	0.56	258	0.77	1	4.37	321	3	11	27
F 4-3	6.98	43	96	4.76	1.06	2.48	0.42	279	0.65	1	3.70	508	14	25	56
F 4-4	7.24	79	240	8.12	2.38	4.77	0.48	618	1.54	1	6.75	632	27	35	97
F 4-5	6.74	38	114	5.19	0.83	1.91	0.04	238	0.56	3	2.62	718	9	23	70
Станция	Цветность, °Pt	ХПК Мп, мг/л	Si, мг/л	Al, мкг/л	Fe, мкг/л	Cu, мкг/л	Ni, мкг/л	Co, мкг/л	Zn, мкг/л	Mn, мкг/л	Sr, мкг/л	Pb, мкг/л	Cr, мкг/л	Cd, мкг/л	As, мкг/л
F 4-1	45	6.90	1.71	630	1380	1.4	1.6	0.6	1.4	84	52	<0.5	0.8	0.10	4.0
F 4-2	33	7.26	0.28	26	440	1.1	<0.2	<0.2	0.7	15	14	<0.5	0.1	0.06	2.0
F 4-3	54	9.26	0.16	85	760	1.0	<0.2	<0.2	0.9	20	16	<0.5	0.2	0.08	2.5
F 4-4	46	6.88	1.69	125	1530	1.8	1.0	0.3	4.3	75	32	<0.5	0.3	0.08	3.5
F 4-5	124	18.4	0.51	30	1470	0.6	<0.2	<0.2	0.6	27	18	<0.5	<0.1	<0.05	2.0

атмосферы округа являются объекты теплоэнергетики, транспорт и открытое сжигание твердых бытовых отходов, газа, нефти и нефтепродуктов (Природные ресурсы..., 2002). Наибольший вклад в загрязнение атмосферы г. Нарьян-Мара (~ в 50 км от водосбора р. Нерута) вносят Арктическая НГДЭ — 53613 т, НГДУ “Архангельск-нефтегаз” — 2341 т и СП “Компания Полярное Сияние” — 2326 т, ОЖКС — 1019 т, Городская ДЭС — 564 т и МПР “Амдермасервис” — 408 т загрязняющих веществ, при этом основным источником загрязнения являются факельные установки и открытое сжигание нефтепродуктов в амбарах и котлованах. Практически ни одно предприятие в округе не имеет установок по очистке дымовых и выходных газов; продолжается открытое сжигание твердых бытовых отходов, газа, нефти и нефтепродуктов, в результате чего происходит увеличение вредных выбросов. Все это приводит к изменению гидрохимических параметров и создает в некоторых случаях уровни загрязнения, опасные для биологических систем.

Для определения химического состава ДО отбирались колонки в 3 озерах: F4-2, F4-4, F4-5 (рис. 2). Концентрация P в ДО озера F4-2 увеличивается в 2 раза по направлению к поверхности ДО, и другие элементы не проявляют какое-нибудь увеличение. В ДО озера F4-4 ППП и концентрации Cd, Pb, Sr и P незначительно увеличены по направлению к поверхности ДО. Увеличение концентраций элементов в ДО озера F4-5 по направлению к поверхности имеет максимальные значения — для всех элементов это увеличение примерно в 2 раза. В озерах F4-2 и F4-4 концентрации As увеличиваются по направлению к поверхности ДО (рис. 3).

Была обнаружена высокая положительная корреляция между тяжелыми металлами, органическим материалом и концентрациями Fe и в меньшей степени Mn. Это свидетельствует о том, что процессы миграции перечисленных элементов связаны с окислами и гидроокислами Fe и Mn и органическими лигандами, которые являются превосходными адсорбентами металлов из водных растворов, вследствие высоких отрицательных зарядов и больших площадей поверхности. Окислы Fe и Mn и органические лиганды образуют на поверхности мелкодисперсных частиц ДО микроузлы и микропленки, которые способны концентрировать на своих поверхностях соединения ТМ (Даувальтер, 2002).

Скорость аккумуляции металлов зависит не только от антропогенной нагрузки, но и от глубины озера, pH воды, скорости потока, гранулометрического состава осадков, содержания органического материала в воде и взвешенных веществ, концентраций окислов и гидроокислов Fe и Mn в донных отложениях. Данные озера характеризуются незначительной скоростью течения (в основном преобладают ветровые течения), где в зонах аккумуляции осаждаются и накапливаются тонкодисперсные илы с достаточно существенным содержанием органического материала (Даувальтер, 2002). Поэтому поверхностный слой ДО из этих участков предельно отражает суммарную современную нагрузку на водосбор и саму р. Неруту. Результаты анализа колонки ДО показывают устойчивую тенденцию накопления ряда микроэлементов (As, Al, Mn, Fe, Cr, Sr) в верхних слоях.

С целью оценки загрязнения поверхностных вод бассейна р. Неруты были определены значения степени загрязнения и индекса экологической опасности согласно седиментологическому подходу Л. Хокансона (Håkanson, 1980), адаптированному для условий Европейской

Рис. 3. Вертикальное распределение концентраций As (мкг/г сух. веса) в донных отложениях озер F4-2 и F4-4

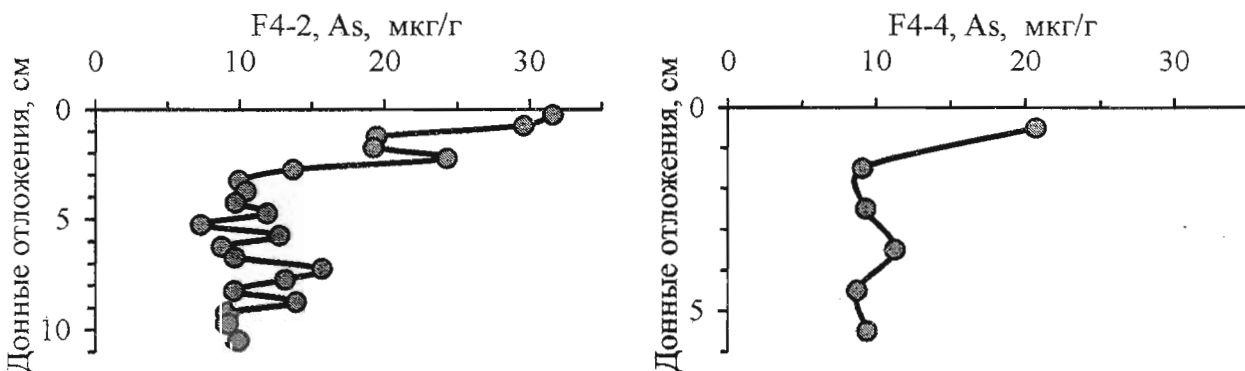


Рис. 3. Вертикальное распределение концентраций As (мкг/г сух. веса) в донных отложениях озер F4-2 и F4-4

субарктики (Даувальтер, 2005). Значение коэффициента загрязнения (C_f) подсчитывалось как частное от деления концентрации элемента в поверхностном 1-см слое донных отложений к доиндустриальному фоновому значению (табл. 2). Степень загрязнения определялась как сумма коэффициентов загрязнения для всех веществ. Для количественного определения экологической опасности элементов определялись значения коэффициента токсичности, принимая в расчет среднее содержание элементов в различных типах геологической и биологической среды и биопродуктивность водоема. Значения коэффициента экологической опасности рассчитывались как произведение значительного токсичного коэффициента на коэффициент загрязнения. Значения индекса экологической опасности определялись как сумма коэффициентов экологической опасности для всех веществ.

Низкие и умеренные значения коэффициента загрязнения ДО (C_f) характерны для всей акватории р. Неруты по всем элементам (табл. 3). Степень загрязнения ДО (C_d) характеризуется как низкая по всем водным объектам. Умеренная экологическая опасность загрязняющих веществ наблюдается в озерах F4-2 и F4-5 (табл. 4). Вы-

Таблица 2

Средние фоновые концентрации (X) элементов (мкг/г сух. веса), стандартные отклонения (σ_n) и доиндустриальные фоновые значения (C_n^i) в ДО 3-х озер бассейна р. Неруты

Элементы	X	σ_n	C_n^i
Ni	32.26	12.54	45
Cu	11.5	6.02	20
Co	17.6	5.82	25
Zn	72	6.08	80
Cd	0.26	0.087	0.35
Pb	4.83	1.34	6
Cr	45.66	10.21	55
Hg	0.011	0.007	0.02
As	9.56	0.29	10

сокую экологическую опасность на F4-2 представляет As, умеренную — Cd. Значительную экологическую опасность на F4-5 представляет As, умеренную — Cd. Озеро F4-4 характеризуется как водоем с низким значением потенциальной экологической опасности (RI). Для этого озера характерно значительное значение индекса экологической опасности загрязнения As и умеренное значение Cd.

Таблица 3

Значения коэффициентов (C_f^*) и степени (C_d^{**}) загрязнения ДО озер водосбора р. Неруты

№ ст.	C_f									C_d
	Ni	Cu	Co	Zn	Cd	Pb	Cr	Hg	As	
F4-2	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	3.1	9.4
F4-4	0.7	0.5	0.5	0.8	1.1	1.0	0.8	0.3	2.1	7.8
F4-5	0.8	0.6	0.9	1.0	0.9	0.8	0.9	0.4	2.7	9.0

* классификация значений коэффициента загрязнения: $C_f^* < 1$ — низкий, $1 \leq C_f^* < 3$ — умеренный, $3 \leq C_f^* < 6$ — значительный, $C_f^* \geq 6$ — высокий;

** классификация значений степени загрязнения: $C_d^{**} < 10$ — низкая, $10 \leq C_d^{**} < 20$ — умеренная, $20 \leq C_d^{**} < 40$ — значительная, $C_d^{**} \geq 40$ — высокая.

Таблица 4

Значения коэффициента экологической опасности элементов (E_r^*) и индекса потенциальной экологической опасности (RI^{**}) загрязнения озер водосбора р. Неруты

№ ст.	BPI	E_r^*								RI
		Ni	Cu	Co	Zn	Cd	Pb	Cr	As	
F4-2	4.2	1.5	2.3	3.1	1.0	47.2	5.2	3.5	120.9	185
F4-4	5.1	1.3	1.5	2.0	0.7	46.5	6.1	3.1	81.9	143
F4-5	5.8	1.4	1.6	3.3	0.9	34.1	4.4	3.3	105.3	154

* классификация значений коэффициента экологической опасности: $E_r^* < 30$ — низкая, $30 \leq E_r^* < 60$ — умеренная, $60 \leq E_r^* < 120$ — значительная, $120 \leq E_r^* < 240$ — высокая, $E_r^* \geq 240$ — очень высокая;

** классификация значений индекса экологической опасности: $RI < 150$ — низкая, $150 \leq RI < 300$ — умеренная, $300 \leq RI < 600$ — значительная, $RI \geq 600$ — высокая.

В результате исследований качества вод бассейна р. Неруты можно сделать вывод, что в целом уровень загрязнения низкий. Однако исследования вертикального распределения элементов в ДО озер бассейна р. Неруты показали, что интенсивное промышленное освоение Ненецкого автономного округа привело к заметным геохимическим изменениям и загрязнению окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даувальтер В.А. Факторы формирования химического состава донных отложений: Учебное пособие по дисциплине «Геохимия окружающей среды» для направления 511100 «Экология и природопользование». — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2002. — 75 с.
2. Даувальтер В.А. Исследование физического и химического состава донных отложений при оценке экологического состояния водоемов: Учебное пособие по дисциплине «Геохимия окружающей среды» для направления 511100 «Экология и природопользование» и специальности 013600 «Геоэкология». — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2004. — 84 с.
3. Даувальтер В.А. Оценка экологического состояния поверхностных вод по результатам исследований химического состава донных отложений: Учебное пособие по дисциплине «Геохимия окружающей среды» для направления 511100 «Экология и природопользование» и специальности 013600 «Геоэкология». — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2005 (в печати).
4. Лукин А.А., Даувальтер В.А., Новоселов А.П. Экосистема реки Печоры в современных условиях. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. — 192 с.
5. Моисеенко Т.И., Родюшкин И.В., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера). — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. — 263 с.
6. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра). — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. — 127 с.
7. Патова Е.Н. Характеристика водоемов (район F4 — р. Нерута), обследованных в Ненецком автономном округе при выполнении проекта SPICE, в июле 2000 г. (не опубликовано).
8. Природные ресурсы Ненецкого автономного округа. — Национальное информационное агентство, 2002.
9. Kuhry P., Ponomarev V., Dauvalter V., Gimadi I., Nikula A., Crittenden P., Ingold T. Sustainable development of the Pechora Region in a changing environment and society (SPICE). The final scientific report of Project nr. ICA2-CT-2000-10018. Rovaniemi, Arctic Centre. 2003. — 388 p.
10. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control — a sedimentological approach // Water Res. — 1980. — V. 14. — P. 975—1001.
11. Skogheim O.K. Rapport fra Arungenprosjektet. — Oslo: As-NLH, 1979. №. 2. — 7 p.