

УДК 551.577.53:553.982.2

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СНЕГОТАЛОЙ ВОДЕ ИЗ РАЙОНОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.С. Большунова

Томский политехнический университет

ОАО «ТомскНИПИнефть», г. Томск

E-mail: bts26@mail.ru

*Приведены данные по содержаниям химических элементов в снеготалой воде, полученные при снеговой съёмке территории влияния нефтегазодобывающего комплекса Томской области. Установлено, что для данной территории выявляются повышенные концентрации таких элементов, как Li, Be, Na, Mn, Ni, Zn, As, Mo, Th, U, что может быть обусловлено как влиянием выбросов от источников загрязнения атмосферы на нефтяных месторождениях, так и региональным атмосферным переносом загрязняющих веществ от промышленных предприятий Томской и соседних областей.*

### **Ключевые слова:**

*Снеготалая вода, нефтегазодобывающий комплекс Томской области, ледники, мониторинг снегового покрова, источники выбросов загрязняющих веществ.*

### **Kew words:**

*Snow melted water, oil and gas plants of Tomsk region, ice cores, snow cover monitoring, sources of pollutant emissions.*

Последние десятилетия с ростом темпов нефтедобывающего производства остро встаёт вопрос о негативном воздействии нефтедобывающей промышленности на окружающую среду Западной Сибири. Важным способом оценки воздействия подобного производства и дальнейших прогнозов является экологический мониторинг. Одним из инструментов комплекса экологического мониторинга служит мониторинг состава снегового покрова. Мониторинг состава снегового покрова (снеговая съёмка) позволяет оценить влияние нефтегазодобывающих производств, наряду с влиянием трансграничных переносов за период его накопления. Фактором, обуславливающим применение снеговой съёмки на территории Томской области, является то, что данная территория находится в зоне устойчивого снегового покрова продолжительный период года. Целью данной работы является сравнение результатов проведения снеговой съёмки с опубликованными материалами по аналогичному вопросу для выявления характерных химических элементов, концентрирующихся в снеговом покрове районов нефтегазодобывающего комплекса (НГДК).

Что касается вопроса изучения геохимических особенностей компонентов природных сред Том-

ской области, и в частности районов НГДК, то по ним имеются некоторые опубликованные материалы. По данным Н.В. Барановской, при изучении живого вещества зон нефтехимического производства выявляются такие специфичные химические элементы, как Sb, Br [1]. Результаты исследований А.М. Межибор указывают на повышенные концентрации Na, Sc, Co, Fe, Rb, Sb, Cs, Ba, Hf и лантаноидов в верховых торфах района нефтедобычи Томской области [2]. Также имеется информация и по геохимическим особенностям твёрдофазного остатка снега в районах Томской области, в том числе в районах НГДК [3, 4], по результатам изучения которого Е.Г. Языковым обнаружены следующие типоморфные элементы: Ba, Br, Tb, Na, Si. По данным изучения радиогеохимических особенностей твёрдофазных выделений снегового покрова отмечается, что для районов нефтегазодобычи характерны пониженные значения радиоактивных элементов. Величина пылевой нагрузки аналогично характеризуется низкими значениями [3]. Опубликованные материалы А.Ю. Шатилова указывают, подобно исследованиям Н.В. Барановской [1], на такие характерные элементы твёрдой фазы снегового покрова районов нефтехимического производства Томской области, как Sb, Br [4].

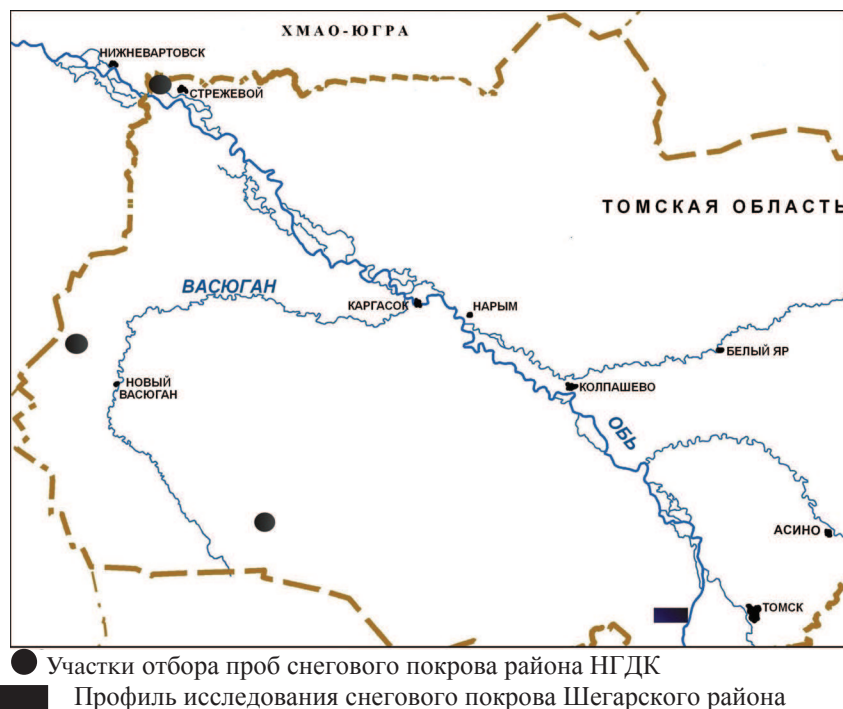


Рис. 1. Схема расположения участков отбора проб снегового покрова района НГДК и Шегарского района Томской области

На наш взгляд, снеготалая вода может оказывать также достаточно информативным показателем состояния окружающей среды в районах НГДК Томской области.

Для оценки влияния НГДК на атмосферный воздух путем изучения снеготалой воды в марте 2011 г. были отобраны пробы снега в трёх нефтедобывающих районах Томской области: Александровском, Парабельском и Каргасокском (рис. 1). Снег в этих районах лежит с ноября по май. Средняя высота снежного покрова на открытых участках составляет 53 см. Ветры преобладают юго-западные и южные.

Отбор проб снега для установления максимального и минимального загрязнения снежного покрова проводился с учетом розы ветров. Пробы отбирались в точках на потенциально загрязненных территориях с подветренной стороны от факельных установок (контрольные пункты мониторинга) на расстоянии 10–40 эффективных высот факелов и менее подверженных влиянию источников выбросов на месторождениях (условно фоновые площадки месторождений), которые находятся на наибольшем удалении от источников выбросов, чтобы исключить их влияние [5]. Пробы снега отбирались согласно ГОСТ 17.1.5.05-85.

Специфика состава выбросов нефтедобывающего комплекса такова, что многие химические элементы находятся в низких концентрациях, и в связи с этим важным является выбор метода анализа снеготалой воды. Для анализа был выбран метод масс-спектрометрии с источником ионизации

в виде индуктивно-связанной аргонной плазмы (ИСП-МС), который характеризуется низкими пределами обнаружения, экспрессностью, широким диапазоном измеряемых показателей. Кроме того, он позволяет определять широкий спектр элементов одновременно. ИСП-МС более всего подходит для точного количественного анализа химических элементов при их низких содержаниях.

Пробы были проанализированы на содержание 63 элементов в лаборатории Аналитического центра геохимии природных систем, Томский Государственный Университет, г. Томск, на масс-спектрометре Agilent 7500 сх (аналитики Ю.В. Аношкина, Е.И. Никитина, Т.В. Трофимова).

Полученные нами результаты при проведении мониторинга снежного покрова районов НГДК были сопоставлены с информацией по химическому составу проб снеготалой воды, отобранных по профилю исследований в Шегарском районе Томской области (И.С. Соболев, 2011 г.).

Эта территория характеризуется слабым развитием промышленного производства, а основным видом деятельности населения является сельское хозяйство. Пробы снеготалой воды из Шегарского района были проанализированы также методом ИСП-МС на содержание 30 элементов в ООО Химико-аналитическом центре «Плазма» (аналитик Л.Н. Ивлева). Данные по содержаниям некоторых химических элементов снеготалой воды района НГДК, Шегарского района Томской области, а также ледника Большой Актру, речь о котором пойдет ниже, представлены для сравнения в таблице.

**Таблица.** Концентрация некоторых химических элементов (мкг/л) в снеготалой воде районов НГДК, Шегарского района Томской области и ледника Большой Актру (Горный Алтай)

Эле- менты	Содержание в снеготалой воде районов НГДК Томской обл. (9 образцов)				Кс, ед.	Среднее в снеготалой воде из Шегарского района (21 образец)	Кс**, ед.	Среднее в снеготалой воде ледника Большой Актру [8]
	Среднее для фоновых площадок территории НГДК	Для контрольных точек мониторинга						
		$X_{cp} \pm \sigma$	max	min				
Li	0,24	0,31±0,1	0,389	0,126	1,3	0,079±0,04	3,9	0,34
Be	0,0005	0,0004±0,0001	0,0053	н.п.о.	0,08	н.п.о.		н.д.
B	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.		н.п.о.	1	н.д.
Na	1187,59	4779±2077	7491,1	172,9	4,0	624±174	7,7	410,8
Mg	153	125±39	127,5	97,0	0,8	288,2±141,0	0,4	232,53
Al	0,44	1,2±0,9	1,48	0,208	2,7	3,71±1,8	0,3	8,94
P	0,3	0,45±0,15	19,314	н.п.о.	1,5	20,3±13	0,02	н.д.
K	86,8	133±83,0	151,17	60,5	1,5	232,6±151,0	0,6	864,32
Ca	306	262±157,0	2955,6	210,98	0,9	1199±326	0,2	916,28
V	0,05	0,05±0,01	0,078	0,038	1	0,15±0,1	0,3	0,97
Cr	0,025	0,12±0,05	0,189	0,063	4,8	н.п.о.	0,09	1,66
Mn	6,06	3,08±1,8	3,42	1,17	0,5	2,48±0,9	1,2	64,19
Fe	0,86	0,88±0,5	0,95	0,142	1,0	43,5±9,7	0,02	3540,4
Co	0,01	0,013±0,002	0,015	0,01	1,3	0,06±0,01	0,2	0,55
Ni	0,004	0,006±0,002	1,54	н.п.о.	1,5	н.п.о.		1,45
Cu	н.п.о.	0,08±0,03	5,17	н.п.о.		0,55±0,2	0,1	3,77
Zn	6,42	5,9±2,9	24,9	2,08	0,9	4,9±1,7	1,2	8,53
As	0,19	0,21±0,08	0,24	0,123	1,1	0,13±0,09	1,6	2,12
Sr	12,6	2,8±1,2	32,4	1,56	0,2	5,2±1,2	0,5	8,95
Mo	0,06	0,06±0,04	0,136	н.п.о.	1	0,04±0,02	1,5	0,17
Cd	0,03	0,004±0,002	0,052	н.п.о.	0,1	0,023±0,01	0,2	0,1
Ba	0,76	0,71±0,3	1,07	0,473	0,9	5,62±1,3	0,1	9,01
Pb	0,09	0,017±0,006	1,92	н.п.о.	0,2	0,062±0,03	0,3	1,1
Th	0,08	0,047±0,02	0,12	0,07	0,6	0,0016±0,00007	29,4	0,02
U	0,005	0,004±0,001	0,006	0,003	0,8	0,0024±0,00009	1,7	0,01

Кс – превышение среднего ( $X_{cp}$ ) над фоном месторождения; Кс\* – превышение среднего значения района НГДК над средним значением Шегарского района;  $\sigma$  – стандартное отклонение.

Обработка данных района НГДК и Шегарского района осуществлялась с помощью программного продукта Statistica 6, были проанализированы результаты по концентрациям 25 элементов, при сравнении которых с использованием критерия Колмогорова–Смирнова были получены достоверные отличия ( $p < 0,01$ ). При выполнении аналитических исследований содержания некоторых элементов в образцах были определены в концентрациях ниже предела обнаружения анализа. Такие значения заменялись на половину предела обнаружения, чтобы избежать искусственного завышения среднего содержания элемента в выборке.

Поскольку в выборках по некоторым элементам наблюдаются высокие коэффициенты вариации, и средние значения завышены за счет проб с аномально высоким содержанием компонентов, была проведена выбраковка крайних сомнительных значений.

Сравнения результаты, полученные при обработке данных фоновых площадок и мониторинговых точек из района месторождений, видно, что в большинстве проб фоновых пунктов концентрации химических элементов превышают их содержания в контрольных точках. Вероятно, на услов-

но фоновые пункты отбора проб, расположенные на наибольшем удалении от источников загрязнения атмосферы, оказывают влияние источники, находящиеся на соседних месторождениях.

При сравнении средних значений содержания химических элементов в снеготалой воде районов НГДК и Шегарского района Томской области обнаруживается превышение концентрации элементов в снеготалой воде из районов НГДК над таковыми в Шегарском районе по следующим элементам: Li, Be, Na, Ni, Mn, Ni, Zn, As, Mo, Th, U в 1,2–29 раз. В то же время превышение содержания элементов снеготалой воды Шегарского района над данными исследуемой территории НГДК наблюдается для Mg, Al, P, K, Ca, Cr, Fe, Co, Cu, Sr, Cd, Ba, Pb в 1,5–48 раз. По результатам геохимических исследований И.С. Соболева (2011 г.), аномально высокие концентрации химических элементов, зафиксированные в группе проб по профилю в Шегарском районе, вероятно, могут отражать зоны и очаги эндогенного массопереноса вещества. На это указывает их пространственная связь с тектонической границей палеозойского выступа фундамента, выявленного сейсморазведочными работами МОГТ-2D (метод общей глубин-

ной точки), и предполагаемой неструктурной ловушкой прогнозируемой залежи углеводородов. Еще одним фактом наличия в этом районе глубинных сквозьформационных потоков, обогащенных химическими элементами, является гидрохимическая хлорит-натриевая аномалия, наблюдаемая в палеогеновых водах Томского водозабора в районе пос. Козюлино. Ее происхождение связывают с поступлением минерализованных меловых и палеозойских вод [6]. Результаты наземных исследований в пределах этой аномалии показали обогащенность снегового покрова углеводородными газами и высокие, отличающиеся на порядок от фоновых значений, концентрации Cu, Al, Fe в снеготалой воде [7].

Для сопоставления результатов мониторинга состава снегового покрова НГДК представляется интересным использовать данные района ледника Актру (Горный Алтай) [8], находящегося на значительном расстоянии от исследуемой нами территории.

Из таблицы, представленной выше, отчетливо видно, что более высокие концентрации химических элементов преимущественно наблюдаются в снеготалой воде ледника Актру (Горный Алтай). Исключение составляет лишь содержание тория и натрия.

Результаты сравнения свидетельствуют о вероятной подверженности района расположения ледника воздействию промышленности Рудного Алтая (Восточно-Казахстанский промышленный район). Специфика предприятий цветной металлургии (свинцово-цинковый комбинат, титаномагнитный комбинат, металлургический завод и другие предприятия г. Усть-Каменогорска, Восточно-Казахстанской области) такова, что помимо основных извлекаемых из руд компонентов, таких как цинк, свинец, титан, медь, магний, алюминий,

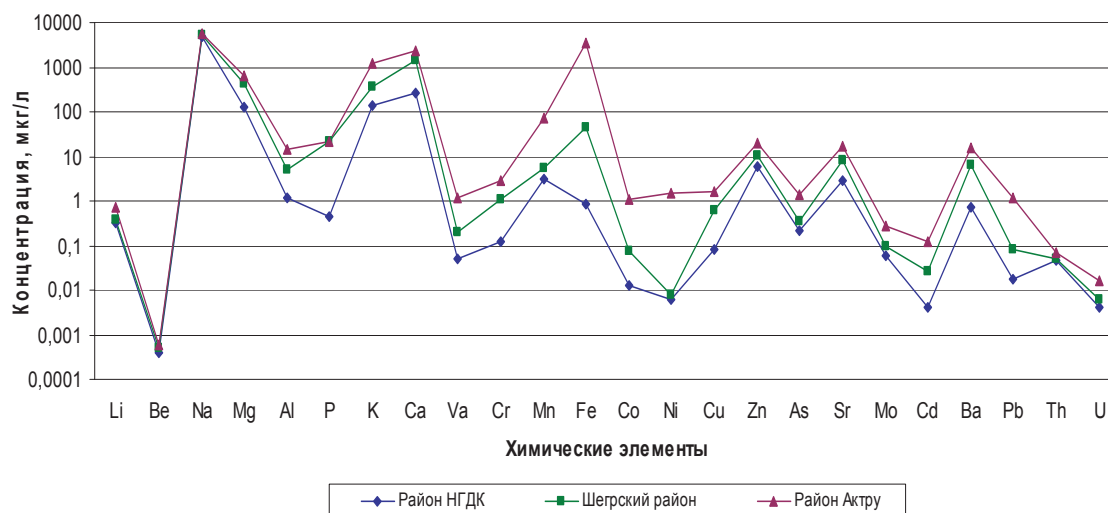
марганец, попутно извлекается из сырья и соответственно присутствует в составе выбросов металлургических предприятий ряд попутных элементов.

Кривые содержания элементов в снеготалой воде представлены на рис. 2.

Сопоставление полученных нами данных по концентрациям химических элементов в снеготалой воде НГДК с таковыми из регионов Антарктики и Центральной Гренландии, наименее всего подверженных воздействию промышленности и влиянию трансграничных переносов, показало, что содержания элементов в ядрах льда и снега данных областей характеризуются ультраследовыми значениями, несмотря на постоянное и неуклонное увеличение последних с момента индустриальной революции до настоящего времени [9–11]. При анализе геохимических особенностей талой воды антарктических областей [12] и снеготалой воды районов НГДК Томской области наблюдается превышение концентрации химических элементов в последней на 5–7 порядков.

#### Заключение

В связи с небольшим перечнем элементов, по которым установлены превышения, в большей степени незначительные, по комплексу изученных химических элементов можно судить о низкой степени трансформации геохимических сред в районах НГДК Томской области, которые на фоне глобальных атмосферных выпадений практически не выделяются в сибирском регионе. Тем не менее, результаты сравнения концентраций элементов в снеготалой воде территории влияния НГДК с содержаниями в таковой Шегарского района, обнаружены более высокие значения для района НГДК таких элементов, как литий, бериллий, натрий, марганец, никель, цинк, мышьяк, молибден, то-



**Рис. 2.** Кривые содержания химических элементов в снеготалой воде районов НГДК Томской области, Шегарского района Томской области и Актру (Горный Алтай)

рий, уран. Вероятно, превышения обусловлены выбросами загрязняющих веществ, образующихся при сгорании попутного нефтяного газа на факельных установках, в печах подогрева нефти, при эксплуатации дизельных электростанций, транспортной техники. Отчасти это может быть связано

с дальними переносами загрязняющих веществ от источников выбросов предприятий других районов и областей.

*Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам департамента экологии ОАО «ТомскНИПИнефть» за помощь в подборе.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Томск, 2011. — 46 с.
2. Межибор А.М. Экогеохимия элементов-примесей в верховых торфах Томской области: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Томск, 2009. — 22 с.
3. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — Томск, 2006. — 45 с.
4. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Томск, 2001. — 205 с.
5. Гендрин А.Г., Надоховская Г.А., Смирнова Н.К., Середина В.П., Непотребный А.И., Киселев А.Г., Русинова Е.С., Худобец А.М., Серых А.А., Чемерис А.Н. Экологическое сопровождение разработки нефтегазовых месторождений. Вып. 2. Мониторинг природной среды на объектах нефтегазового комплекса. — Новосибирск: Гос. публич. науч.-техн. б-ка СО РАН, 2006. — 122 с.
6. Колокова О.В. Геохимия подземных вод района Томского водозабора: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Томск, 2003. — 215 с.
7. Соболев И.С., Рихванов Л.П. Гамма-спектрометрические исследования поверхностных отложений нефтегазоносных площадей Западной и Средней Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2009. — № 5. — С. 31–37.
8. Рихванов Л.П., Робертус Ю.В., Таловская А.В., Любимов Р.В., Шатилов А.Ю. Особенности распределения химических элементов в талой воде ледника Большой Актру (Горный Алтай) // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313. — № 1. — С. 97–103.
9. Boutron C.F., Patterson C.C. Lead concentration changes in Antarctic ice during the Wisconsin. Holocene transition // Nature. — 1986. — № 323. — P. 222–225.
10. Boutron C.F., Patterson C.C. Relative levels of natural and anthropogenic lead in recent Antarctic snow // Journal of Geophysical Research. — 1987. — № 92. — P. 8454–8464.
11. Murozumi M., Chow T.J., Patterson C. Chemical concentrations of pollutant lead aerosols, terrestrial dusts and sea salts in Greenland and Antarctic snow strata // Geochimica et Cosmochimica Acta. — 1969. — V. 33. — P. 1247–1294.
12. Planchon F., Boutron C., Barbante C., Cozzi G., Gaspari V., Wolf E., Ferrari Ch., Cescon P. Short-term variations in the occurrence of Heavy metals in Antarctic snow from Coats Land since the 1920-s // The science of the Total Environment. — 2002. — № 300. — P. 129–142.

*Поступила 18.06.2012 г.*