

На правах рукописи



Шахова Татьяна Сергеевна

**ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ НА
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ ПРИЛЕГАЮЩИХ
ТЕРРИТОРИЙ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА
(НА ПРИМЕРЕ ГГ. ОМСК, АЧИНСК, ПАВЛОДАР)**

Специальность 25.00.36 - Геоэкология (науки о Земле)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск-2018

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Язиков Егор Григорьевич

Официальные оппоненты:

Бортникова Светлана Борисовна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск), заведующая лабораторией геоэлектрохимии

Тентюков Михаил Пантелеймонович, доктор геолого-минералогических наук, доцент, ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина (СГУ им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар), профессор кафедры геологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт минералогии Уральского отделения Российской академии наук (Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс)

Защита состоится «29» ноября 2018 г. в 16 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 2. ст5 (20-й корпус, ауд. 504).

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск, ул. Белинского, 55) и на сайте: <http://portal.tpu.ru/council/914/worklist>

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.г.-м.н., доцент



Л.В.Жорняк

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Нефтяная отрасль играет огромную роль в мировой экономике, являясь одним из наиболее интенсивных источников загрязнения окружающей среды. Добыча и транспортировка нефти могут располагаться вдали от населенных пунктов, однако объекты нефтепереработки и нефтехимии, как правило, сосредоточены вблизи мегаполисов и водных объектов, что обуславливает актуальность геоэкологических исследований в их окрестностях.

На долю нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли в России приходится около 48 % выбросов вредных веществ в атмосферу, 27 % сброса загрязненных сточных вод, свыше 30 % образующихся твердых отходов и до 70 % общего объема эмиссии парниковых газов (Абросимов, 2002). Поступая в атмосферный воздух, загрязняющие компоненты систематически могут аккумулироваться в растениях, почвах и других средах, перемешиваться в атмосфере с потоком веществ и проникать в организм человека, что может быть опасным для здоровья.

Опасность для здоровья населения, проживающего в зоне воздействия выбросов нефтехимической и нефтеперерабатывающей отрасли связано с тем, что в составе выбросов преобладают бензин нефтяной, диоксид серы и оксид углерода, сероводород, формальдегиды, сажа, соединения тяжелых металлов и различных химических элементов и других веществ (Даутов и др., 2002; Ефимова и др., 2009; Леденцова и др., 2004). Вопрос о влиянии выбросов нефтехимии и нефтепереработки на формирование качества воздушной среды и здоровье населения изучается с 90-х годов (Голубева и др., 1977; Нарзулаев и др., 1993;), и в настоящее время значительно увеличивается интерес к этой проблеме (Власов и др., 2011; 2012; Охлопков, 2015; Сафаров и др., 2013; 2014; Толочко и др., 2016; Bosco et al., 2015; Park et al., Pasetto et al., 2012; 2006; Yang et al. 2004). Ряд российских работ также подтверждает влияние объектов этой отрасли на население, проживающее рядом с НПЗ и на работников этих заводов (Авалиани и др., 2012; Валеева и др., 2010; Гайнуллина и др., 2009; Ефимова и др., 2009).

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на НПЗ являются: трубчатые нагревательные печи; реакторы технологических установок, факела и битумные установки (Соркин, 2003). Особенно вызывают опасность нагревательные печи (Быстрицкий, 2014; Катин, 2005; 2007), в которых могут сжигать мазут, нефтяные остатки, что может способствовать выделению различных токсичных и других элементов (Alonso-Hernández et al., 2011; Di Bella et al., 2018).

Широкое внимание многих исследователей сфокусировано на изучении загрязнения атмосферного воздуха и почв нефтепродуктами, углеводородами, бенз(а)пиреном, фенолом и некоторыми тяжелыми металлами в районах размещения нефтеперерабатывающей промышленности (Околелова и др., 2010; Степанов и др., 2004; Соромотин, 2017; Oliveira et al., 2014; 2015; Wei et al. 2014; Zhao et al., 2015). В современное время становится актуальным изучение в составе твердых (аэрозольных) частиц атмосферы содержания химических элементов в районах расположения крупнейших заводов, в том числе и нефтеперерабатывающей отрасли

(Бортникова и др., 2014; Власов и др., 2011; Прохорова и др., 2010; Ханипова и др., 2012; Baltrėnaitė et al. 2014; Bortnikova, 2017; Bosco et al., 2005; Kulkarni et al., 2007). Отдельно акцентируется внимание на вопросе использования различных катализаторов на НПЗ и их отражения на составе пыли в атмосфере (Kulkarni et al., 2008; Moreno et al., 2010; Odabasi et al., 2016; Turner, 2015).

Необходимо принимать во внимание степень урбанизированности территории, проводя подобные исследования, так как наряду с компонентами, характерными для определенного вида производства, возможно содержание веществ, типичных для большей части промышленных отраслей. Необходимы детальные исследования методами, которые не используют предприятия и органы экологического контроля, с целью выявления максимально полного перечня загрязняющих веществ. Таким методом является исследование депонирующих сред, контактирующих с атмосферой, таких как снеговой покров (Бортникова и др., 2014; Воронцова и др., 2012; Голохваст, 2014; Касимов и др. 2012; 2015; Назаров, 1976; Рихванов и др., 2008; Таловская и др., 2008; 2010; 2016; Тентюков, 2007; Темерев, 2010; Шатилов, 2002; Язиков и др., 2006; 2010; Bortnikova et al., 2017; Cereceda-Balic et al., 2012; Янченко, 2014; и др.).

Сибирский регион отличается развитием нефтяной отрасли, поэтому его территория становится удобной для исследования эколого-геохимической обстановки в районах расположения нефтеперерабатывающих заводов.

Объектом исследований являются территории в районах нефтеперерабатывающих заводов в гг. Омске, Ачинске и Павлодаре, дополнительно выбран объект нефтехимической промышленности Томскнефтехим, предмет исследований – твердая и жидкая фазы снега, а также почвенный покров.

Цель исследования состоит в изучении эколого-геохимической обстановки в районах размещения нефтеперерабатывающих предприятий по данным изучения снежного покрова.

Задачи исследований:

1. Определить величину пылевой нагрузки и суммарного показателя загрязнения в окрестностях Омского, Ачинского, Павлодарского нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ).

2. Выявить особенности содержания химических элементов в твердой фазе снега в районах расположения нефтеперерабатывающих комплексов гг. Омска, Ачинска и Павлодара.

3. Установить количественное содержание химических элементов в жидкой фазе снегового покрова и определить её ионный состав в районах расположения нефтеперерабатывающих комплексов гг. Омска, Ачинска и Павлодара.

4. Изучить минерально-вещественный состав твердой фазы снега и формы нахождения химических элементов в твердой фазе снега в окрестностях исследуемых нефтеперерабатывающих заводов.

5. Выявить «индикаторные» отношения элементов в окрестностях нефтеперерабатывающих заводов.

6. Установить особенности содержания химических элементов в почвах, почвогрунтах и определить суммарный показатель загрязнения почвенного покрова

в окрестностях нефтеперерабатывающих комплексов гг. Омска, Ачинска и Павлодара.

Фактический материал и методы исследования. В основу диссертационной работы положены результаты исследований, проводившихся лично автором и совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии (в н.в. – отделение геологии) Томского политехнического университета в период с 2014 по 2018 гг. Материалы исследований были отобраны, подготовлены и обработаны лично автором.

Работы выполнялись при финансовой поддержке грантов компании BP Exploration Operating Company Limited (2016, 2017 гг.) при сотрудничестве с сотрудниками из Проектного института реконструкции и строительства объектов нефти и газа (ЗАО «ПИРС», г.Омск).

Пробы снежного покрова (82 пробы) были отобраны в районах расположения нефтеперерабатывающих заводов в гг. Омск, Ачинск (Россия) и г. Павлодар (Республика Казахстан) и нефтехимического комбината в г.Томск. Пробы почв (59 проб) в окрестностях НПЗ гг.Омск, Ачинск, Павлодар.

Пробы твердой фазы снега и почвы были проанализированы инструментальным нейтронно-активационным анализом (146 проб), реализованным в ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Содержание ртути в пробах твердой фазы снега (77 проб) и почв (59 проб) измеряли атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути РА-915+ с приставкой ПИРО-915 в МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ. Кроме этого, пробы твердой (26 проб) и жидкой (26 проб) фазы снега, почв (26 проб) были исследованы методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), гравиметрическим методом (6 проб почв) на содержание нефтепродуктов в химико-аналитическом центре «Плазма» в г.Томске (инженер-исследователь Т.А. Филипас). Методом растровой электронной сканирующей микроскопии изучалось 20 проб (185 частиц) твердой фазы снега на микроскопе Hitachi S-3400N с ЭДС приставкой Bruker XFlash 4010 (консультант Ильенок С.С.) и методом порошковой рентгеновской дифрактометрии исследованы 4 пробы твердой фазы снега и 3 образца почв (дифрактометр Bruker D2 PHASER, МИНОЦ «Урановая геология»).

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии были исследованы 6 проб почв и 12 проб жидкой фазы снега на содержание бенз(а)пирена (ОГБУ «Облкомприрода», аналитики Хромова Е.Н., Морозова Н.В.).

В лабораториях НОЦ «Вода» ТПУ (аналитики В.А. Шушарина, Н.И. Шердакова, М.Г. Камбалина) на базе кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии осуществлялось исследование общего химического состава проб жидкой фазы снега (26 проб) с использованием метода ионной хроматографии; потенциометрии, титриметрии и кондуктометрии.

Аналитические исследования проб проводились в аккредитованных лабораториях согласно аттестованным методикам с использованием стандартных образцов сравнения. Статистическая обработка полученных данных

реализовывалась с использованием прикладных программ: Statistika 8.0 и Microsoft Excel 2010.

Степень достоверности обеспечена достаточным количеством проб, проанализированных различными современными высокочувствительными аттестованными аналитическими методами в аккредитованных лабораториях, а также глубиной проработки фактического материала с использованием современных методов статистической обработки и литературы по теме исследования.

Научная новизна.

1. Впервые изучены величина пылевой нагрузки и особенности элементного состава твердой фазы снега в районах расположения Омского, Ачинского и Павлодарского нефтеперерабатывающих заводов.

2. Выявлены геохимические особенности содержания элементов в составе проб жидкой фазы снега в районах исследуемых заводов и определен ионный состав жидкой фазы снега.

3. Впервые установлены индикаторные отношения элементного состава твердой и жидкой фазы снега в окрестностях Омского, Ачинского и Павлодарского нефтеперерабатывающих заводов в зависимости от специфики производств.

4. В составе твердой фазы снега в окрестностях исследуемых нефтеперерабатывающих заводов впервые определены минеральные формы нахождения химических элементов, а также описаны особенности минерально-вещественного состава техногенных образований с учетом специфики производства и влияния переноса выбросов других предприятий.

Практическая значимость. Выявленные особенности микроэлементного состава проб снежного покрова отражают особенности атмосферных выпадений, которые могут быть использованы для определения эффективности работы служб экологического контроля на каждом предприятии, а также для принятия природоохранных мер с целью улучшения экологической обстановки в окрестностях нефтеперерабатывающих заводов в гг. Омск, Ачинск, Павлодар и для оценки рисков здоровью населения, проживающего в рядом расположенных населенных пунктах. Полученные результаты исследований могут быть рекомендованы экологическим службам предприятий для совершенствования нормативных документов для проведения экологического контроля и расширения списка контролируемых веществ.

Материалы диссертационной работы используются при проведении лабораторных и практических занятий по курсам «Минералогия техногенных образований», «Методы исследования вещественного состава природных сред» для бакалавров и магистров, обучающихся по направлению «Экология и природопользование», отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Результаты, полученные при выполнении проекта, позволяют создать базу данных по уровню накопления химических элементов в снежном и почвенном покровах в районах расположения предприятий нефтеперерабатывающей промышленности гг. Ачинска, Омска и Павлодара.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертационной работы, представлены на 11 Международных, 5 Всероссийских и 5 Региональных научных симпозиумах, форумах, конференциях, совещаниях: Международный научный симпозиум студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2014 – 2018 гг.); Международный научный форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2017» (г. Москва, 2017 г.), Всероссийская научная конференция "Геохимия ландшафтов", (г. Москва, 2016 г.); Международная конференция «Геология в развивающемся мире», (г. Пермь, 2017 г.); Первая международная научно-практическая конференция «Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: климат и экология северных территорий и Байкальского региона» (г. Иркутск, 2017 г.); Международная конференция «Медицинская геология» MedGeo'17 (г. Москва, 2017 г.); Всероссийская конференция с международным участием «Геохимия окружающей среды и климатических изменений» (г. Иркутск, 2017 г.).

По теме диссертации опубликовано более 25 работ, из них 4 статьи в российских изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 3 статьи в изданиях, индексируемых международными базами данных (Web of Science, Scopus).

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 192 страницах и состоит из введения, 7 глав и заключения. Список литературы включает 268 наименований, 95 из которых – зарубежные. Работа иллюстрирована 77 рисунками и 37 таблицами.

Глава 1 посвящена современному состоянию проблемы загрязнения окружающей среды предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли.

В главе 2 описываются природно-климатические, физико-географические и геоэкологические характеристики городов Омска, Ачинска, Павлодара и Томска, а также краткая характеристика исследуемых НПЗ.

В главе 3 охарактеризован методологический подход к исследованиям, описан полевой и камеральный этапы работы, методы анализа, указываются используемые способы статистической обработки данных.

В главе 4 изложена характеристика пылевого загрязнения и геохимическая специфика твердой фазы снега в окрестностях Омского, Ачинского, Павлодарского НПЗ и Томскнефтехима.

Глава 5 содержит характеристику жидкой фазы снега, особенности ионного состава снеговой воды и особенности поведения химических элементов в системе «твердая фаза снега – жидкая фаза снега» в окрестностях Омского, Ачинского НПЗ и Томскнефтехима.

Глава 6 содержит описание минеральных частиц и форм нахождения химических элементов.

В главе 7 оценены уровни накопления химических элементов в почвах и почвогрунтах в районах исследуемых нефтеперерабатывающих заводов, проведена сравнительная характеристика по уровню накопления химических элементов в почвах и твердой фазе снега в окрестностях исследуемых заводов.

В заключении представлены основные выводы.

Личный вклад автора заключается в непосредственном отборе проб снежного и почвенного покровов, пробоподготовке, совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ в проведении части лабораторных исследований проб твердой фазы снега и почв в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» (ТПУ); статистической обработке результатов, интерпретации полученных результатов, построении графиков. Формулировка основных положений и написание текста диссертации выполнены автором по плану, согласованному с научным руководителем.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю профессору, д.г.-м.н. Языкову Е.Г. за поддержку и всестороннюю помощь в написании диссертации. Огромную признательность автор выражает доценту, к.г.-м.н. Таловской А.В. за организацию научно-исследовательской работы, помощь и советы в подготовке материалов. Искреннюю благодарность автор выражает профессору, д.г.-м.н. Рихванову Л.П. за ценные советы при написании работы, доценту, к.х.н. Осиповой Н.А., профессору, д.г.-м.н. Арбузову С.И., доценту, к.г.-м.н. Соболеву И.С., профессору, д.б.н. Н.В. Барановской, профессору, д.г.н. О.Г. Савичеву, старшему преподавателю, к.г.-м.н., Б.Р. Соктоеву за консультации при выполнении работы. Отдельную признательность автор выражает старшему преподавателю, к.г.-м.н. Филимоненко Е.А., научному сотруднику ИМКЭС СО РАН Ляпиной Е.Е., начальнику отдела Томской специализированной инспекции государственного экологического контроля и анализа Сайфулиной Е.В. Автор выражает благодарность сотрудникам (Ефремову А.Н., Литая В.В., Федорову П. и др.) ЗАО «ПИРС» за помощь в проведении отбора снежного покрова в районе Омского НПЗ, а также начальнику управления ООСиОС АО «АНПЗ ВНК» Лопух Е.М.

Автор благодарен за аналитическую помощь электронно-микроскопической диагностики ассистенту Ильенку С.С. Автор выражает благодарность за проведение лабораторных исследований аналитикам МИНОЦ «Урановая геология» и НОЦ «Вода» А.Ф. Судыко, Л.В. Богутской. Отдельную благодарность автор выражает родным и близким за терпение и поддержку во время проведения исследований.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ПОЛОЖЕНИЕ 1. Особенности элементного состава твердой фазы снега в районах расположения нефтеперерабатывающих заводов проявляется в повышенных концентрациях Na, As, Br, Sr, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Ta относительно регионального фона. При этом La/Ce-отношение составляет 1,8 (при фоновом – 0,4) в твердой фазе снега в окрестности Омского завода, что отражает использование катализаторов в процессе переработки нефти и их производство на территории предприятия.

Уровень пылевого загрязнения оценивается как низкий с неопасной экологической ситуацией для территорий, прилегающих к Омскому нефтеперерабатывающему заводу (НПЗ) ($61 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{сут}$), а также для районов

размещения Ачинского НПЗ (37 мг/м²*сут), Павлодарского НПЗ (137 мг/м²*сут) и Томскнефтехима (23 мг/м²*сут). Суммарный показатель загрязнения (СПЗ) в окрестностях Омского НПЗ составляет 324 единицы, определяющий высокую степень загрязнения и опасную экологическую ситуацию на данной территории. В районах расположения Ачинского, Павлодарского заводов и Томскнефтехима СПЗ составляет 81, 130 и 67 единиц соответственно, что определяет данные территории со слабым загрязнением и неопасной экологической ситуацией согласно принятой градации (Саэт и др., 1990; Касимов, 2012).

Для всех исследуемых районов наблюдается превышение Sb, Ba и Au в твердой фазе снега над кларком ноосферы (по Глазовским, 1982; 1988) (табл. 1). Для района размещения Омского НПЗ дополнительно наблюдается превышение над кларком ноосферы Cr, Co, As, Sr, La, Ce, Tb, Yb, Hf, Th, U, а также особенностью является нарушение природного (кларкового) соотношения La к Ce. Район Ачинского НПЗ характеризуется повышенным содержанием относительно кларка ноосферы Ca, As и Sr, Павлодарского НПЗ – Cr, Hf и As. Выделяются характерные элементы с высоким уровнем содержания в пробах для каждого района исследуемого завода относительно фонового уровня (Средний Васюган, Шатилов, 2001 с доп. Язикова, 2006) (табл. 2).

Таблица 1 – Среднее содержание химических элементов (мг/кг) в твердой фазе снега в окрестностях исследуемых нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий (по данным метода ИНАА)

Элемент	Омский завод	Ачинский завод	Павлодарский завод	Томскнефтехим	Фон**	Геохим. кларк ноосферы*
Na, %	1,34±0,21	1,7±0,1	0,86±0,12	0,32±0,02	0,15	1,1
Ca, %	1,6±0,1	13,14±0,9	1,21±0,1	1,21±0,1	0,82	1,6
Sc	18,1±1,6	5,2±0,3	14,3±1,3	4,9±0,3	7,1	7
Cr	496±75	70±0,4	2048±292	110±14	110	50
Fe, %	5,6±0,8	3,03±0,1	2,7±0,2	1,6±0,1	1,87	2,2
Co	28,5±3,6	12,9±0,4	15,8±1,8	8,9±0,6	10,3	10
Zn	665,1±99,8	207±16,7	367±85	176,9±18	141	-
As	18,6±2,4	8,1±0,3	9,9±1,1	4,3±0,4	0,5	3
Br	12±1,6	3,5±0,3	6,04±0,6	4±0,3	2,9	26
Rb	71±8,9	33,4±2	43,02±2,8	22,7±1,5	55	96
Sr	618±94	534±24	279±39	210±16	100	240
Sb	7,2±1	1,7±0,1	2,6±0,2	2,3±0,3	2,3	0,25
Cs	5,4±0,8	1,98±0,1	2,65±0,2	1,75±0,1	3,5	5,9
Ba	1414±196	386±20	1268±160	434±30	100	36
La	346±138	12,4±0,5	26,1±1,6	18,4±1,3	2,8	12
Ce	190±24	28,9±0,9	55,5±3,5	42±3	10,3	32
Nd	59,6±7,3	12,5±0,9	22,9±1,7	16,7±0,9	13,7	-
Sm	10,8±1,1	2,4±0,1	5,2±0,4	3,3±0,2	0,57	-
Eu	1,6±0,2	0,6±0,03	1,3±0,1	0,52±0,05	1,1	6,4
Tb	1,2±0,2	0,28±0,02	0,6±0,1	0,4±0,03	0,06	0,64

окончание таблицы 1

Yb	5,3±0,5	0,94±0,03	2,9±0,2	1,5±0,1	0,2	1,9
Lu	0,7±0,1	0,19±0,01	0,43±0,03	0,21±0,01	0,075	0,45
Hf	10,3±1,4	1,5±0,1	4,7±0,3	3,4±0,2	2,2	2,5
Ta	2,03±0,3	0,36±0,05	0,7±0,1	0,71±0,05	0,1	1,9
Au	0,47±0,	0,39±0,1	0,21±0,02	0,87±0,3	0,22	0,00069
Hg	0,19±0,009	0,07±0,01	0,35±0,1	0,18±0,02	0,08	-
Th	17,4±2,2	2,56±0,1	5,54±0,3	5,6±0,4	2,9	7,6
U	8,68±1,3	2,35±0,1	2,32±0,2	3,15±0,4	0,2	1,9
Th/U	2	1,08	2,4	1,8	14,5	4
La/Ce	1,8	0,43	0,47	0,44	0,3	0,4
La+Ce/ Yb+Lu	89,5	36,5	24,1	35,7	47,6	18,7
N***	24	25	22	16		

Примечание: ± – стандартная ошибка среднего; * – данные по Н.Ф. Глазовскому, 1982 и М.А. Глазовской, 1988; ** фон – региональный фон, Средний Васюган (Шатилов А.Ю., 2001, с изм. Язиков Е.Г., 2006); N*** – количество проб; **жирным** выделены значения выше кларка ноосферы; - нет данных

Твердая фаза снега вблизи Омского нефтеперерабатывающего завода характеризуется повышенным содержанием Cr, Zn, As, Br, Sr, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Hg, Th и U относительно фона. Твердая фаза снега из окрестностей Ачинского завода отличается высоким содержанием Na, Ca, As, Sr, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Ta, U относительно фона. Характерными элементами для твердой фазы из окрестностей Павлодарского завода являются As, Cr, Ba, Na, Sr, Hg, Zn, La, Yb, Tb, Sm, Ta, Lu, Ce U, превышающие фоновые значения. Пробы твердой фазы снега вблизи Томскнефтехима характеризуются повышенным содержанием As, Sr, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Ta, Hg и U относительно фона.

Таблица 2 – Геохимические ряды химических элементов (по коэффициенту концентрации КК) в твердой фазе снега в окрестностях исследуемых НПЗ

Завод	коэффициент концентрации (КК)
Омский нефтеперерабатывающий завод	La _{123,6} – U _{45,3} – As _{37,3} – Yb _{26,5} – Ta ₂₂ – Tb _{21,3} – Sm _{18,9} – Ce _{18,5} – Ba _{14,1} – Lu _{9,8} – Na ₉ – Sr _{7,4} – Th ₆ – Hf _{5,4} – Zn _{4,9} – Nd = Cr _{4,5} – Br _{4,1} – Fe = Sb ₃ – Co = Sc _{2,8} – Hg _{2,3} – Au _{2,1} – Ca _{1,9} – Cs _{1,7} – Eu _{1,6} – Rb _{1,3}
Ачинский нефтеперерабатывающий завод	As = Ca ₁₆ – Na ₁₁ – U _{11,8} – Sr ₅ – Tb = Yb _{4,7} – La _{4,4} – Sm _{4,2} – Ba ₄ – Ta _{3,7} – Ce _{2,8} – Lu _{2,6} – Br ₂ – Au _{1,8} – Fe = Zn _{1,5} – Co = Hg _{1,2} – Nd = Th = Sb = Cr = Rb = Sc _{0,7} – Hf = Cs = Eu _{0,5}
Павлодарский нефтехимический завод	As ₂₀ – Cr _{20,6} – Yb ₁₅ – Ba ₁₃ – U ₁₂ – Tb ₁₀ – Sm = La ₉ – Ta _{7,5} – Na = Lu = Ce _{5,6} – Hg _{4,4} – Sr _{2,8} – Zn _{2,6} – Sc = Br = Hf = Th ₂ – Ca = Co – Nd _{1,7} – Fe _{1,4} – Eu _{1,2} – Rb = Sb = Cs _{0,8} – Au _{0,4}
Томскнефтехим	U _{15,8} – As _{8,6} – Yb = Ta ₇ – La = Tb ₆ = Sm _{5,7} – Ba _{4,3} – Ce _{4,1} – Au _{3,9} – Lu _{2,8} – Hg = Sr = Na = Th ₂ – Hf = Br = Ca _{1,5} Nd = Zn _{1,2} – Cr = Co = Sb ₁ – Fe _{0,8} – Sc _{0,7} – Cs = Eu = Rb _{0,5}

Примечание: Геохимические ряды составлены относительно регионального фона, **жирным** выделены элементы с КК≥3.

Результаты расчета средних значений факторов (коэффициентов) обогащения для твердой фазы снега в окрестностях каждого из рассматриваемых нефтеперерабатывающих заводов позволили установить, что пробы наиболее обогащены Са (в районе Ачинского завода), Сг (в районе Павлодарского, Омского заводов и Томскнефтехима), La (в районе Омского завода), а Zn, As, Br, Sb, Au, Hg во всех районах исследуемых предприятий.

Расчет коэффициентов превышения выпадений химических элементов над фоном, учитывающий как состав пыли (элементный) в данной пробе, так и пылевую нагрузку, показывает, что вблизи Омского нефтеперерабатывающего завода значения этого показателя по всем рассматриваемым элементам значительно выше в сравнении с данными для других объектов. Это объясняется сложной промышленной обстановкой в районе расположения Омского нефтеперерабатывающего завода, и тем, что на данную территорию выпадает большее количество пыли.

На всех исследуемых территориях высокие значения коэффициента превышения выпадений над фоном зафиксированы у таких элементов, как: As, Br, Sr, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Hg, U. Сравнительный анализ значений среднесуточного притока элементов на снежный покров на исследуемых территориях показал, что для района Омского НПЗ характерен высокий приток рассматриваемых элементов, особенно имеет высокие значения La (21212 мг/км²*сут). Район Ачинского НПЗ характеризуется высоким притоком за сутки таких элементов, как: Na, Ca, As, Sr, Ba, редкоземельных элементов (La, Ce, Sm, Tb, Yb) и U. В районе исследования Павлодарского НПЗ зафиксирован высокий приток Na, Cr, Ba, La, Sm, Tb, Yb, Ta, Hg и U в среднем за сутки. В районе исследования Томскнефтехима установлен высокий приток As, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Yb и U.

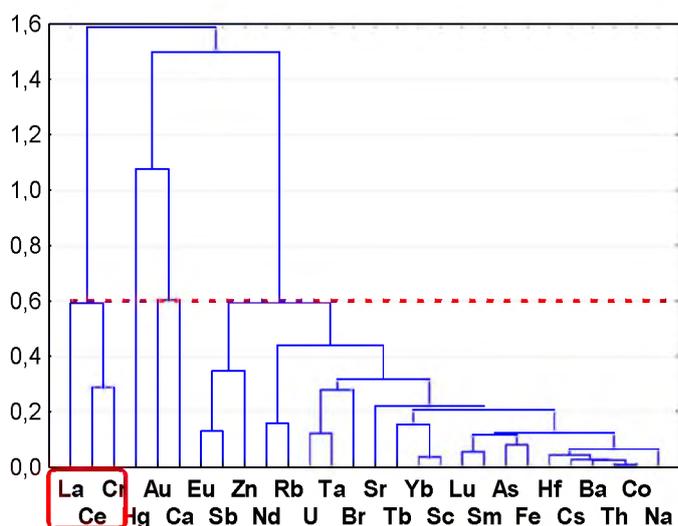


Рисунок 1 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра микроэлементов по методу ИНАА твердой фазы снега в окрестности Омского нефтеперерабатывающего завода (N=24; $1-\tau_{0,05}=0,6$)

В результате кластерного анализа в районе Омского НПЗ формируется значимая связь La-Ce-Cr, не имеющая связей с другими группами элементов (рис. 1). Из расчетов факторного анализа установлено, что 2-ой фактор (12%) («каталитический фактор») влияет на содержание только La, Ce и Cr, что вероятно говорит об одном источнике их поступления.

Каталитический крекинг – ключевой процесс на нефтеперерабатывающих заводах, позволяющий вместе с углублением переработки нефти получать высокооктановый компонент товарного бензина и сырье для нефтехимии (Доронин и др., 2014). В

катализаторах крекинга, разработанных совместно Институтом проблем переработки углеводородов СО РАН и АО «Газпромнефть-Омский нефтеперерабатывающий завод (ОНПЗ)», содержание оксидов редкоземельных элементов (РЗЭ) в цеолите составляет до 2,5 мас.% (Доронин и др., 2012). На сегодняшний день Омский нефтеперерабатывающий завод является единственным предприятием в стране, выпускающим катализатор крекинга и обеспечивающим им каталитические процессы на предприятии.

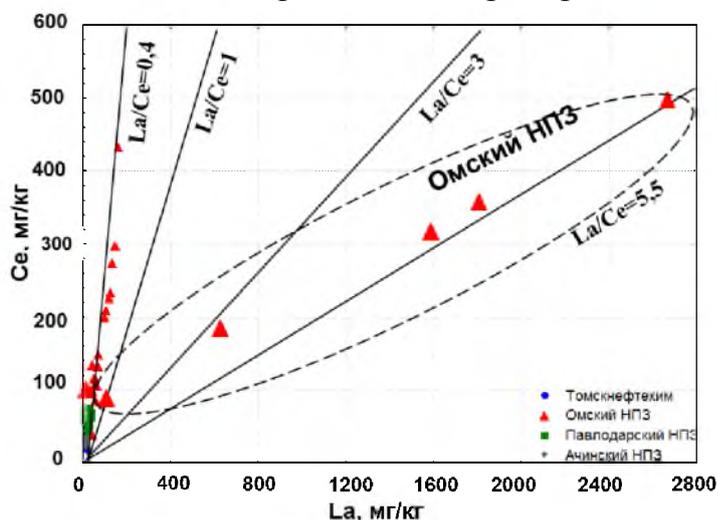


Рисунок 2 – Диаграмма рассеяния La-Ce в твердой фазе снега в окрестности Омского, Ачинского, Павлодарского НПЗ и Томскнефтехима

регенерации) и катализаторная пыль из генератора выводятся в атмосферу через дымовую трубу.

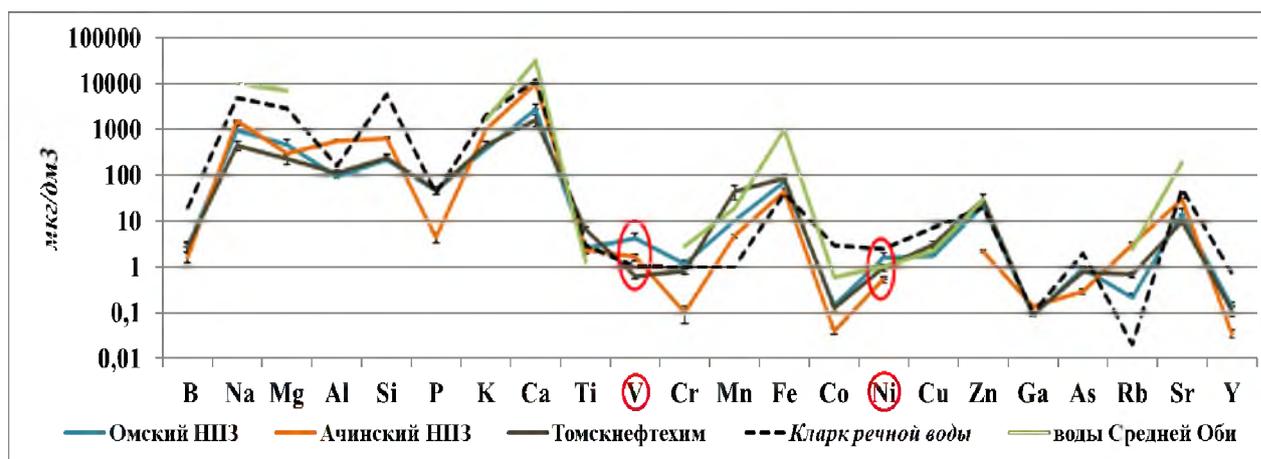
Таким образом, процесс каталитического крекинга на заводе и производство катализаторов крекинга могут вносить вклад в высокие содержания лантана и других редкоземельных элементов в твердой фазе снега на территории, прилегающей к Омскому нефтеперерабатывающему заводу.

ПОЛОЖЕНИЕ 2. Для жидкой фазы снежного покрова в районах нефтеперерабатывающих заводов характерны повышенные концентрации Mn, Rb, Nb, V, W относительно природных (речных) вод. При этом в снеговой воде из окрестностей Омского завода La/Ce-отношение составляет 3,8 (при природном в речных водах - 0,6). В жидкой фазе снега в районах Ачинского и Омского заводов фиксируются V/Ni-отношения, составляющие 3 и 2,6 соответственно (при их природном в речных водах – 0,4).

Средние содержания химических элементов в составе жидкой фазы снега из окрестностей исследуемых нефтеперерабатывающих заводов гг. Омска, Ачинска и нефтехимического комбината г. Томска (рис. 3) в целом слабо отличаются. Жидкая фаза снега во всех районах исследования характерна повышенным содержанием Mn, Rb, Nb, V, W. При этом жидкая фаза снега в районе Омского завода отличается дополнительно повышенным содержанием Pb, Mg и редкоземельными элементами

Полученные результаты показывают нарушение природного (фонового – 0,3) соотношения La/Ce (1,8) (рис. 2), La/Nd (5,6) и повышенное La/Sm-отношение (31,5), что говорит об их техногенном поступлении, что подтверждается другими исследованиями (Olmez 1985; Du et al., 2015; Bozlaker et al., 2013). Катализаторы, поступают в основной отсек установки крекинга, где взаимодействует с сырьем, со временем отработанный твердый катализатор, дезактивированный коксом, поступает в регенератор. Далее продукты горения (газы

(РЗЭ) относительно природных вод (Виноградов, 1967). А жидкая фаза в районе района Ачинского НПЗ отличается повышенным содержанием Ca, Al, Cs относительно природных вод (Виноградов, 1967).



продолжение рисунка 3

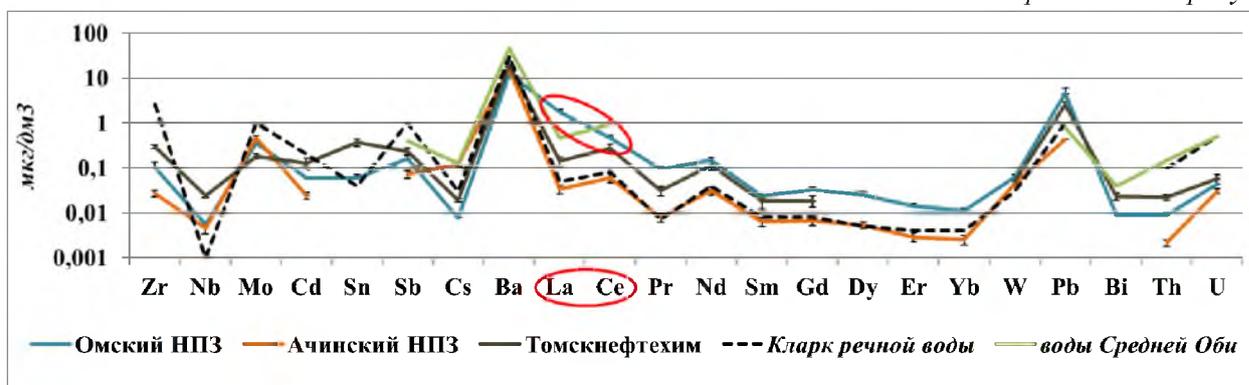


Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма содержания химических элементов в жидкой фазе снега в районах исследования Омского, Ачинского НПЗ и Томскнефтехима, кларки элементов речной воды (по Виноградову, 1967); элементы в воде Средней Оби (по Шварцеву, Савичеву, 1996)

Однако в жидкой фазе снега в окрестности Омского завода зафиксировано накопление Mg, Ni, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Er, Yb выше, чем в пробах из окрестностей двух других исследуемых заводов. В то же время в пробах жидкой фазы из окрестностей Омского завода выявлено нарушение природного отношения $La/Ce = 3,8$ при $0,6$ относительно речных вод (по Виноградову, 1967) и при $0,5$ в водах Средней Оби (по Шварцеву и Савичеву, 1996) (рис. 4, а), что было зафиксировано и в твердой фазе снега вблизи Омского завода. В районе Ачинского завода в жидкой фазе снега зафиксировано накопление Na, Ca, Al, Si, K, Cs выше в сравнении жидкой фазы снега из окрестностей Омского завода и Томскнефтехима. Также выявлено нарушение природного соотношения V/Ni (рис. 4, б) в снеговой воде в окрестностях Омского завода $V/Ni = 2,6$, Ачинского НПЗ – 3 , а в речных водах $V/Ni = 0,4$ (по Виноградову, 1967), в атмосферных осадках (снег) заболоченных территорий Западной Сибири (Шварцев, 1987) V/Ni составляет $0,6$ единиц. Так, в атмосферных осадках (снеговых+дождевых) в районе Улан-Батора V к Ni составляет

0,16 единиц согласно работе (Туваанжав и др., 2005). Отношение V к Ni по средним значениям в воде ледника Актру (Рихванов и др., 2008) составляет 0,66.

Средние отношения V/Ni в окрестностях Омского и Ачинского нефтеперерабатывающих заводов – 2,6 и 3 соответственно могут свидетельствовать о специфике заводов, перерабатывающие «западно-сибирские» нефти.

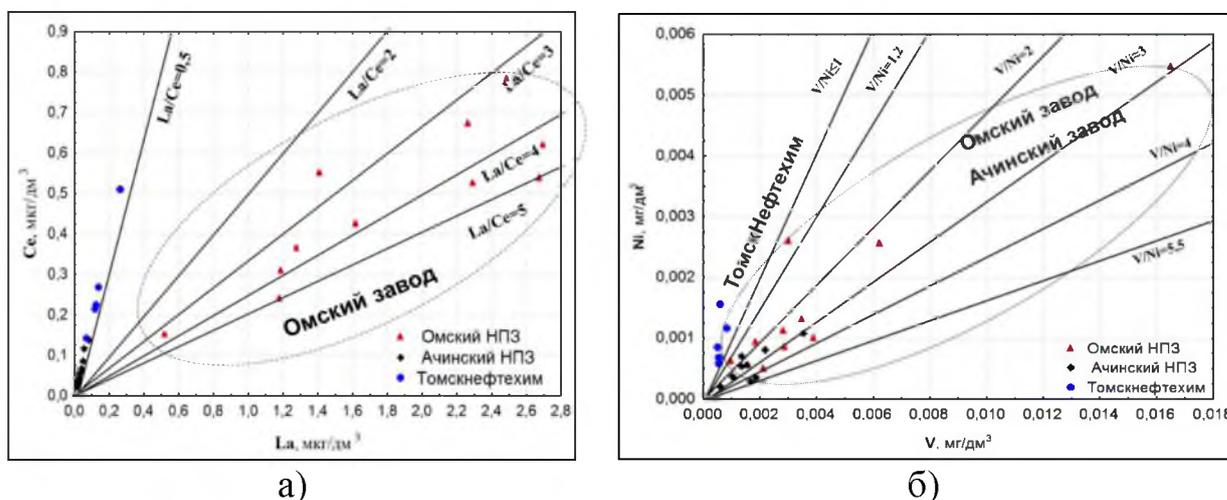


Рисунок 4 – Диаграмма рассеяния La-Ce (а) и V-Ni (б) в жидкой фазе снега в окрестности Омского, Ачинского нефтеперерабатывающих заводов и Томскнефтехима

Ванадий и никель являются наиболее распространенными микроэлементами, обнаруженными в сырой нефти, и их присутствие дает полезную информацию в геологическом аспекте. Поэтому, отношение V/Ni используется в качестве геохимического индикатора в регионах с развитой нефтеперерабатывающей промышленностью и для выявления источника разлива и просачивания сырой нефти (Пунанова, 1998; Vieira et al., 2015). Известно, что нефтегазоносные бассейны Западной Сибири относятся к ванадиевому типу (V/Ni –3,1; 5) (Якуцени, 2005; Ященко, 2012). Также в процессе каталитического крекинга нежелательные загрязняющие металлы сырья, включая V, Ni, Fe и другие, при контакте с катализатором склонны осаждаться на нем, уменьшая его активность (Etim et al., 2016).

Вероятно, еще один путь поступления этих элементов в окружающую среду связан с каталитическими операциями и выводом катализаторов из технологического процесса. Возможно, именно по этим причинам только в районах нефтеперерабатывающих заводов (гг.Омска и Ачинска) обнаружены такие соотношения V к Ni в жидкой фазе снега, отражающие специфику производственной нефтепереработки.

Кластерный анализ химических элементов в жидкой фазе снега выявил в окрестностях Омского и Ачинского НПЗ значимые связи V-Ni (рис. 5), тогда как в снеговой воде из окрестностей Томскнефтехима такой связи не выявлено. По расчетам факторного анализа установлено, что V и Ni, между которыми была установлена значимая связь, объединяется в один фактор (источник) их поступления в снежный покров в районах Омского и Ачинского НПЗ.

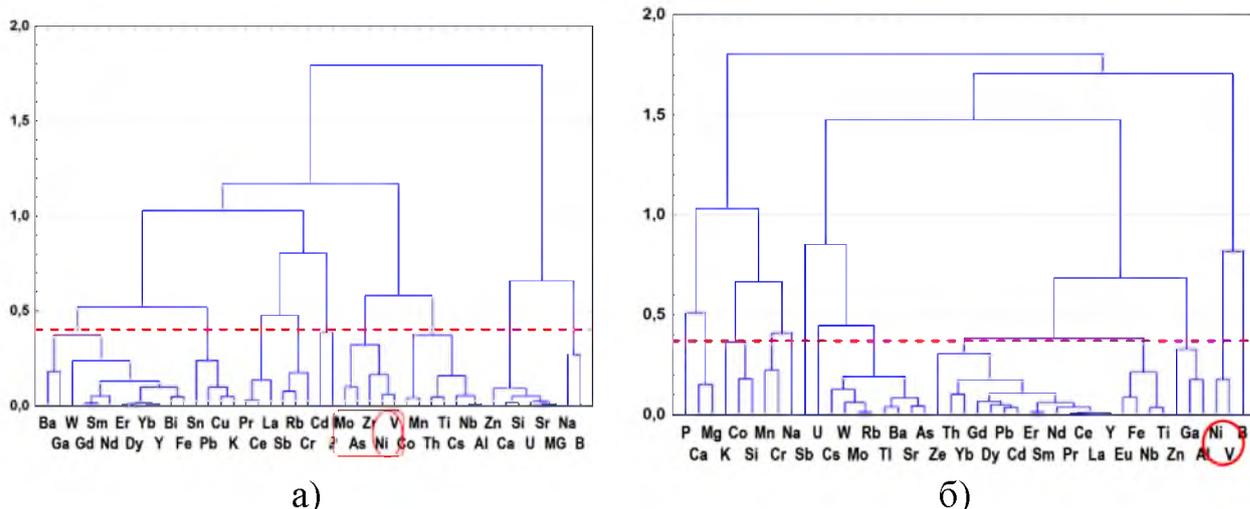


Рисунок 5 – Дендрограммы корреляционной матрицы геохимического спектра микроэлементов по методу ИСП-МС в жидкой фазе снега в окрестностях:
 а) Омского НПЗ (N=11; $1-r_{0,05} = 0,4$); б) Ачинского НПЗ (N=10; $1-r_{0,05} = 0,37$)

При этом в твердой фазе снежного покрова высокая корреляционная связь V- Ni наблюдается в районе Ачинского нефтеперерабатывающего завода (рис. 6, а).

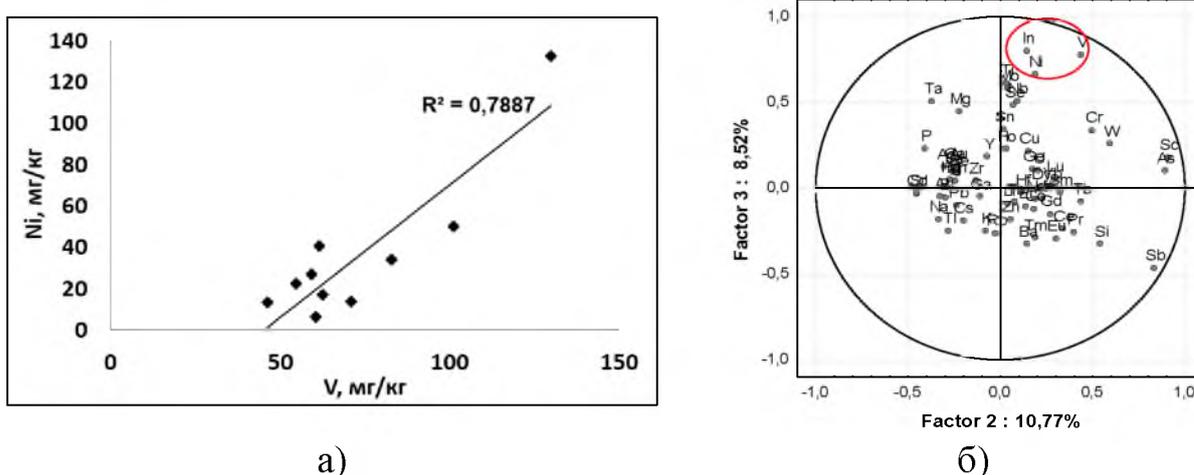


Рисунок 6 – График корреляционной связи и диаграмма факторных нагрузок:
 а) корреляционная связь геохимического спектра микроэлементов по методу ИСП-МС в твердой фазе снега в окрестностях Ачинского НПЗ; б) круговая диаграмма факторных нагрузок химических элементов в твердой фазе снега (метод ИСП-МС) в окрестностях Ачинского НПЗ

Кластерный анализ геохимического спектра элементов твердой фазы снега выявил значимую связь между V и Ni ($r=0,9$) в районе Ачинского НПЗ. Металлы (V и Ni) объединяются в одну группу фактора (источника) их поступления в снежный покров согласно факторному анализу (рис. 6, б).

Таким образом, V/Ni-отношение может выступать индикатором переработки нефти ванадиевого типа Западно-Сибирских месторождений.

ПОЛОЖЕНИЕ 3. Специфические особенности твердой фазы снега в районах расположения исследуемых нефтеперерабатывающих заводов обусловлены наличием собственных микроминеральных фаз и микрочастиц: Омский завод – фосфаты, оксиды редких и редкоземельных элементов, Ачинский завод – V-Ni и Ca-содержащие фазы, Павлодарский завод – Cr-Fe-содержащие микрочастицы.

Выявлены особенности минерального состава, идентифицированы микрофазы, содержащие различные элементы, в образцах твердой фазы снега для каждого исследуемого НПЗ. В пробах из окрестностей Омского завода содержания Si, Fe установлены более, чем в 50 % проанализированных частиц, Na, Mg, Ca, и Fe, K, S, P, La, Ce – в 25 %. В твердой фазе из окрестностей Ачинского завода Si, Ca, Fe содержатся более, чем в 50 % проанализированных частиц, Na, Mg, S и Ti – в 25 % исследованных частиц, Ni-примеси были обнаружены в 20% анализируемых частиц, а V – в 10 %. Твердая фаза снега из окрестностей Павлодарского завода характерна наличием Al, Si, Fe более, чем в 50 % изученных частиц, Cr, Si, S – в 25 % проанализированных частиц, Zn был обнаружен в 13 % всех анализируемых частиц. В таблице 3 отображены основные минералы или элемент-содержащие фазы в анализируемых частицах твердой фазы снега с учетом % встречаемости каждого.

Таблица 3 – Минеральные фазы в твердой фазе снега в окрестностях Омского, Ачинского и Павлодарского нефтеперерабатывающих заводов

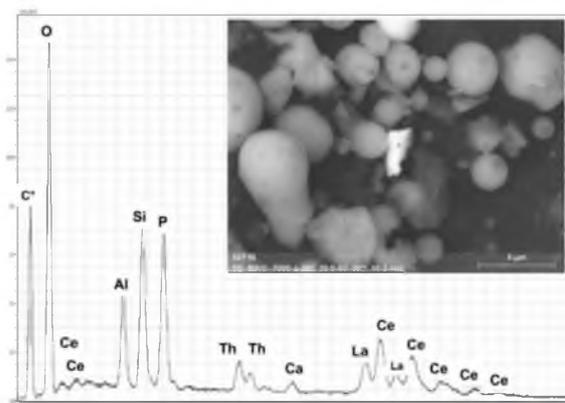
Минерал/элемент-содержащие фазы	Исследуемые территории НПЗ		
	Омский завод (n=60)	Ачинский завод (n=55)	Павлодарский завод (n=65)
РЭ/РЗЭ-фосфаты (?)	+ O-Al-Si-P		
	+++	++	++
РЭ/РЗЭ-оксиды (?)	+ O-Al-Si		
	+++	+	–
Бадделеит (?)	+	–	+
Галенит (?)	+++	+	–
Хромат (?); Cr	+	+	+++
Пирит (?)	++	+	+++
Ильменит (?)	++	++	++
Халькопирит (?)	++	–	+++
Цинкит (%)	++	–	++
Сфалерит (?)	–	–	++
Барит (?)	–	+	+++
Арсенопирит (?)	–	+	–
WO _x	++	–	–
V-содержащие фазы	O-Al-Si +		
	+	++	+

окончание таблицы 3

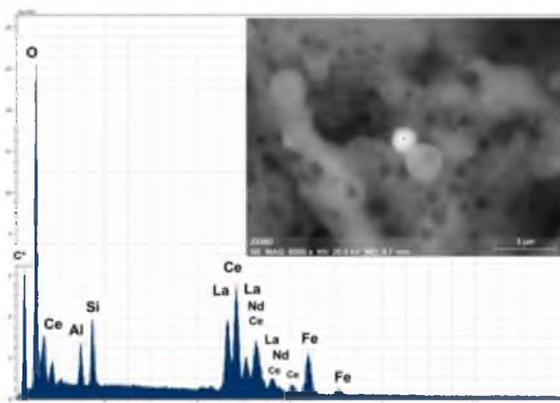
Ni-содержащие фазы	+	++	-
Sn-содержащие фазы	-	+	+(Cu)
Au-Ag-Cu	-	+	-
Акантит (?)	-	-	+

Примечание: +++ - часто встречаемые, ++ - средне встречаемые, + - редко или единично встречаемые частицы; - - не обнаружены; галенит (?) - означает, что идентифицированные минералы (частицы) близки по составу к указанным минералам (?)

Твердая фаза снега в окрестности Омского завода характеризуется значительным наличием частиц, близким к составу редкоземельных фосфатов (рис. 7, а), и «оксидных» форм La-Ce-Nd (рис. 7, б), содержащие различные примеси. Найдены частицы сульфидной формы Pb и хлорат Pb, что характерно только для проб твердой фазы снега из района Омского завода. Выявлены сульфидные формы: Ni, возможно минерал пентландит (% масс: Ni-53, S-32, Fe-13), Cu-Fe-S (% масс: Cu-22, Fe- 21, S-23), Fe-S (% масс: Fe – 45, S – 50). Идентифицированы интерметаллические соединения: Fe-Cr (% масс: Cr-44, Fe-17), Fe-Cr-Cu-Ni (% масс: Fe-70, Cr-8, Cu-0,8, Ni-0,6). Обнаружены частицы «вольфрамового» состава с микровключениями Fe, Ni (% масс: W – 72, Fe – 0,6, Ni – 0,3); Fe, Ca (% масс: W – 60, Fe – 0,6, Ca – 0,6); Fe, Ti (% масс: W – 60, Fe – 1, Ni – 2,2).



а) редкоземельный фосфат? (% масс: La – 14, Ce – 22, Th – 6, P – 9, O - 36)

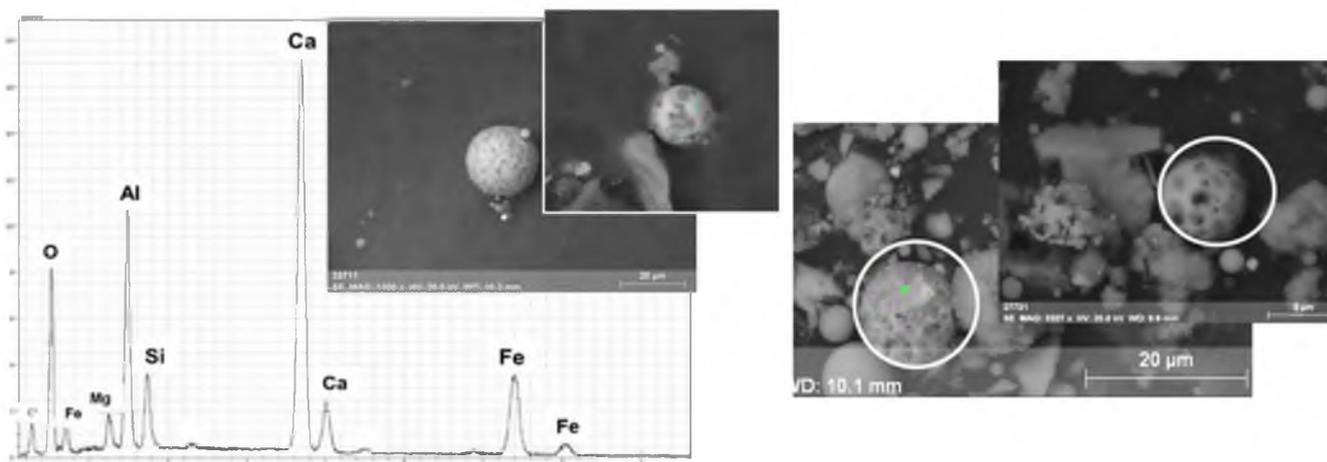


б) оксид редкоземельных элементов? (% масс: La – 22, Ce – 33, Nd – 0,4, Fe – 10, O – 27)

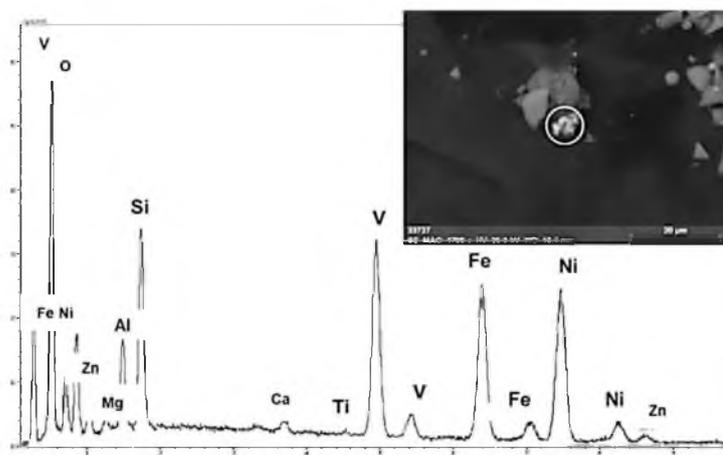
Рисунок 7 – Снимки частиц в твердой фазе снега из окрестностей Омского НПЗ и их энергодисперсионные спектры

Для проб твердой фазы снега из района Ачинского НПЗ характерно наличие Ca более, чем в 50% проанализированных частиц. Характерные техногенные сферулы с высоким содержанием Ca % по массе (рис. 8, а) обусловлены производством глинозема (путем спекания известняка и нефелиновых руд в трубчатых печах (Лепезин, 2010)) на Ачинском глиноземном комбинате,

расположенного в южной части г.Ачинска. Подчеркнем, что Ca в повышенном содержании был обнаружен в твердой и жидкой фазах снега, что характерно только для проб из окрестностей Ачинского нефтеперерабатывающего завода, и по данным порошковой рентгеновской дифрактометрии установлено, что содержание кальцита в некоторых пробах составляет 40 %. Также были обнаружены оксидные соединения V-Ni-Fe (% масс: V – 15, Ni – 27, Fe – 17; Zn – 2, O – 28) (рис. 8, б), Ni-Fe с примесью V (% масс: Ni – 17, Fe – 17, O – 40, V – 0,9), оксид Ni (% масс: Ni – 50, O – 36), оксид Sn с примесью Ni (% масс: Sn – 38, O – 52, Ni – 2, Ca – 1,6, Fe – 1). Идентифицированы сульфидные формы As и Ba, и интерметаллические фазы Au-Cu-Ag-Fe (% масс: Au – 50, Cu – 28, Ag – 8, Fe – 1,7, размер – 2 мкм).



а) (% масс: Fe – 19, Al – 10, Ca – 29, O – 38, Si – 3)



б) (% масс: V – 15, Ni – 27, Zn – 2, Ti – 0.2, Al – 4, Si – 6, O – 28)

Рисунок 8 – Снимки частиц в твердой фазе снега из окрестности Ачинского НПЗ и их энергодисперсионные спектры

Пробы твердой фазы снега из окрестностей Павлодарского НПЗ характеризуются значительным наличием Cr-содержащих (рис. 9, а) и Fe-содержащих фаз (пириты) (рис. 9, б), что может быть обусловлено дополнительным влиянием производства хромовых сплавов на Аксуском ферросплавном заводе, расположенного в 25 км южнее г.Павлодар. Также были обнаружены сульфидные формы: Fe-Cu-S, Zn-S, Cu-S (% масс: Cu-55, S-32), сульфатные: Ba-S-O (% масс: Ba-

53, Sr-2, S-13, O-27). Идентифицированы частицы Ag-Cu-(% масс: Ag – 79, Cu – 3, S – 9) и Ag – S (% масс: Ag – 70, S – 13).

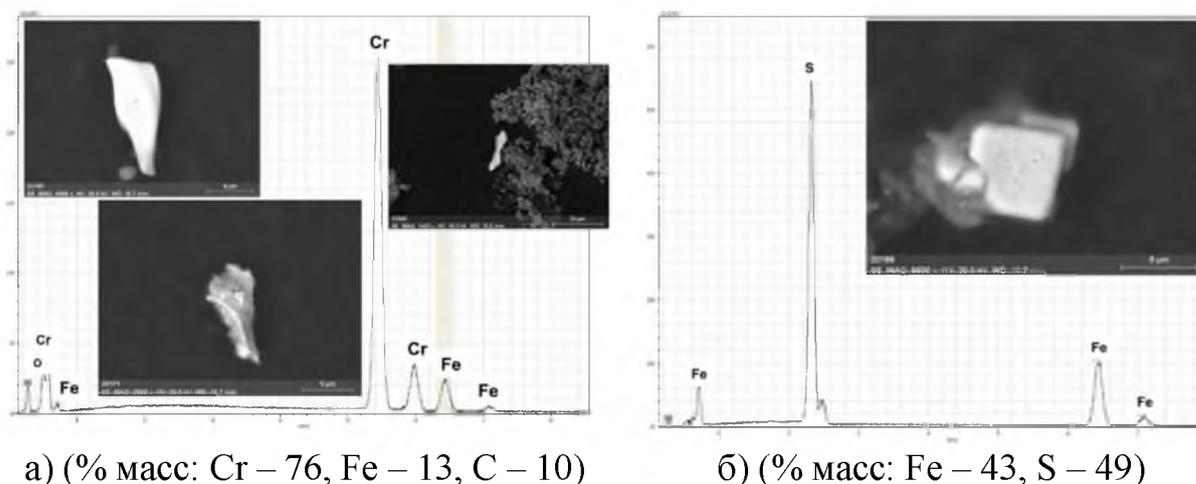


Рисунок 9 - Снимки частиц в твердой фазе снега из окрестности Павлодарского НПЗ и их энергодисперсионные спектры

В г. Ангарске, где функционирует крупный нефтехимический комплекс были обнаружены частицы с преобладающим спектром элементов, в числе которых Ni, V, Cr, Cu и другие в преимущественно сферических частицах (Королёва и др., 2013). В работе (Chen et al., 2004) показаны обнаруженные частицы, богатые углеродом, часто покрытые неорганическими веществами, в частности переходными металлами: V, Ni, Fe, Zn в форме сульфатов, оксидов, ванадатов и фосфатов вследствие сжигания мазута.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что геохимические особенности твердой фазы снега из окрестностей исследуемых нефтеперерабатывающих заводов отражаются в составе микроминеральных частиц и согласуются с некоторыми результатами других исследований по минеральному составу твердых частиц в окрестностях нефтеперерабатывающих предприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Величина пылевой нагрузки в снежном покрове в окрестностях исследуемых нефтеперерабатывающих заводов соответствует низкой степени загрязнения с неопасной экологической ситуацией: Суммарный показатель загрязнения (СПЗ) в окрестностях Омского НПЗ составляет 324 единицы, определяющий очень высокую степень загрязнения и высоко опасную экологическую ситуацию на данной территории. Район размещения Павлодарского НПЗ относится к территории с высокой степенью загрязнения. В районах расположения Ачинского НПЗ и Томскнефтехима СПЗ составляет 81 и 67 единиц соответственно, что определяет данные территории со средним загрязнением и средней опасной экологической ситуацией.

2. Высокие содержания химических элементов в твердой фазе снега относительно фона характерны для окрестностей Омского завода: Cr, Zn, As, Br, Sr, Ba, Sb, La, Ce, Nd, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U; Ачинского завода: As, Na, U, Tb, Yb, La, Sm, Ba, Ca, Sr и Павлодарского завода: As, Na, U, Tb, Yb, La, Sm, Ba, Cr, Ta, Lu, Ce и Hg, которые связаны как с деятельностью самих предприятий, так и имеют дополнительные источники их поступления.

3. Установленное нарушенное (относительно фона) отношение La/Ce в твердой фазе снега в окрестностях Омского завода свидетельствуют о производстве катализаторов и их использовании в технологическом цикле, в состав которых входят редкоземельные элементы.

4. Для жидкой фазы снега в окрестностях Омского и Ачинского заводов выявлены характерные V/Ni-отношения, которые указывают на специфику объектов переработки нефти ванадиевого типа Западно-Сибирских месторождений.

5. Специфические особенности элементного состава твердой фазы снега из окрестностей исследуемых НПЗ отражаются в составе минеральных частиц: Омский завод – фосфаты, оксиды редких и редкоземельных элементов, Ачинский завод – V-Ni и Ca-содержащие фазы, Павлодарский завод – Cr-Fe-содержащие микрочастицы.

6. Суммарный показатель загрязнения почв и почвогрунтов в окрестностях Омского НПЗ составляет 27 единиц, Ачинского НПЗ – 28 и Павлодарского НПЗ – 27 единиц, все значения соответствуют средней степени загрязнения ($16 < Z_c < 32$). Вклад в величину СПЗ вносят Hg, Br, Au на территории всех исследуемых нефтеперерабатывающих заводов.

7. Приток твердых частиц, в составе которых различные химические элементы в окрестностях Омского, Ачинского и Павлодарского нефтеперерабатывающих заводов, формируется за счет различных процессов на объектах нефтепереработки, главным образом: котельно-печного парка, факельного хозяйства, каталитических процессов. Наличие на заводе дополнительного производства катализаторов также вносит вклад в формирование состава атмосферных частиц.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в список ВАК

1. **Шахова Т.С.** Оценка ртутного загрязнения в окрестностях предприятий нефтехимического комплекса в зимний период (на примере г. Павлодара, Республика Казахстан) / **Т.С. Шахова**, А.В. Таловская, Е.Г. Языков, Е.А. Филимоненко, Е.Е. Ляпина // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2016. – Т. 327. – № 12. – С. 16-25.
2. **Шахова Т.С.** Химические элементы в почвах и почвогрунтах в окрестностях нефтеперерабатывающих заводов (на примере гг. Омск, Ачинск, Павлодар) / **Т.С. Шахова**, Е.Г. Языков, А.В. Таловская // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. – 2018. – Т. 24. – №. 4. – С. 67–75.
3. А.В. Таловская. Оценка аэротехногенного загрязнения в окрестностях угольных и нефтяных котельных по состоянию снегового покрова (на примере Томской области) / Е.Г. Языков, **Т.С. Шахова**, Е.А. Филимоненко // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2016. – Т. 327. – № 10. – С. 116-130.
4. Таловская А.В. Микроэлементный состав снежного покрова в окрестностях угольных и газовых котельных как показатель экологичности используемого топлива / А.В. Таловская, Е.Г. Языков, Е.А. Филимоненко, Н.А. Осипова, **Т.С. Шахова** // Безопасность в техносфере. – 2017. – Т. 6. – №. 3. – С. 3-12.

Публикации в зарубежных научных журналах и изданиях, включенных в библиографические базы Web of Science и Scopus:

1. **Shakhova T.S.** Mercury in the dust aerosols in the vicinity of petrochemical complex (for example, in Pavlodar, Kazakhstan) / **T.S. Shakhova**, A.V. Talovskaya, E.G. Yazikov, E.A. Filimonenko, E.E. Lyapina // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering 327 (12), – P. 16-25
2. Talovskaya A.V. Element composition of insoluble fraction of aerosols in snow in the vicinity of oil chemistry refinery (Pavlodar City, Kazakhstan) and petrochemical plant (Tomsk City, Russia) / A.V. Talovskaya, E.A. Filimonenko, E.G. Yazikov, **T.S. Shakhova**, I.A. Parygina // Proc. SPIE 9680, 21st International Symposium Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 96804T (November 19, 2015); doi:10.1117/12.2205965;
3. Talovskaya A.V. Assessment of aerotechnogenic pollution: Case study in the vicinity of coal-fired and oil-fired local boiler houses in Tomsk region / A.V. Talovskaya, E.G. Yazikov, **T.S. Shakhova**, E.A. Filimonenko // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering 327 (10), – P. 116-130

Статьи в журналах и материалы в сборниках научных конференций

1. **Шахова Т.С.** Уровень пылевого загрязнения и вещественный состав нерастворимой фазы снежного покрова в окрестностях предприятий нефтехимического производства / **Т.С. Шахова**, Е.А. Филимоненко, А.А. Кулсейтова // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Зап.-Сиб. региона: материалы V Междун. научно-практической конференции: в 2 частях, - Омск: ОмГПУ, 2014 – Т. 1 – С. 233-238
2. **Шахова Т.С.** Техногенные минеральные образования в пылевых атмосферных выпадениях в зоне влияния Павлодарского нефтехимического завода (Республика

- Казахстан) / **Т.С. Шахова** // Шестой молодежный экологический Конгресс «Северная Пальмира»: сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей, Санкт-Петербург, СПб НИЦЭБ РАН, – 2015 – С. 51-55
3. **Шахова Т.С.** Эколого-геохимическая оценка снежного покрова в окрестностях Павлодарского нефтехимического завода (Республика Казахстан) / **Т.С. Шахова**, А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, // Геохимия ландшафтов (к столетию А.И. Перельмана): доклады Всероссийской научной конференции. – Москва: МГУ, 2016 – С. 652-655
 4. **Шахова Т.С.** Сравнительная оценка содержания химических элементов в пылевом аэрозоле в окрестностях нефтехимических производств г.Павлодар (Республика Казахстан) и г.Томск (Россия) / **Т.С. Шахова**, А.В.Таловская, Е.А. Филимоненко, Е.Г. Язиков // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. – 2016. – С. 434-439.
 5. **Шахова Т.С.** Пылевое загрязнение снежного покрова в окрестностях нефтеперерабатывающих и нефтехимических комплексов (на примере гг. Омска, Ачинска и Томска) / **Т.С. Шахова** // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам X Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 2 т. / отв. ред. Р. Р. Гильмутдинов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Т.2. – С. 320-322
 6. **Шахова Т.С.** Геохимия твердой фазы снега в окрестностях крупного нефтеперерабатывающего завода в Сибири / **Т.С. Шахова** // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2017» Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс] – М.: МАКС Пресс, – 2017.
 7. **Шахова Т.С.** Геохимическая характеристика твердого осадка снега в окрестностях нефтеперерабатывающих заводов России (гг. Омск, Ачинск) и Казахстана (г. Павлодар) / **Т.С. Шахова**, А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 60-летию Института геохимии СО РАН и 100-летию со дня рождения академика Л. В. Таусона. – Иркутск: Изд-во «Оттиск», 2017. – С. 135-136.
 8. **Шахова Т.С.** Анализ поступления редкоземельных элементов из атмосферы на снежный покров в окрестностях Омского нефтеперерабатывающего завода / **Т.С. Шахова**, А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // Материалы первой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: климат и экология северных территорий и Байкальского региона», посвященная Году экологии 2017 в России, 2017, – С. 64-68.
 9. **Шахова Т.С.** Эколого-геохимические особенности снежного покрова (твердой фазы) в районах размещения нефтеперерабатывающих заводов (гг. Омск, Ачинск, Павлодар) / **Т.С. Шахова**, А.В. Таловская. Е.Г. Язиков // Вопросы естествознания Научный журнал – № 4 (18). – 2018 – С.109-114.