

Все полученные концентрации ртути в пробах хвои вне зависимости от возраста и породы дерева, а также места произрастания являются фоновыми. Поэтому для расчета эколого-геохимических характеристик использовали данные для фоновых территорий, приведенных в литературных источниках [5]. Среднее содержание ртути в хвое всех исследованных пород деревьев Томской области варьирует в промежутке 13-25 нг/г, максимальное превышение над фоновой концентрацией составляет 6 раз. Временно допустимая концентрация на территории Томской области составила 1,6. На территории Иркутской области в исследованных пробах хвои среднее содержание ртути изменяется от 3 до 18 нг/г, расчетная ВДК составляет 1,5. Среднее содержание ртути в хвое деревьев Республики Бурятия, имеет пределы от 2 до 27 нг/г, максимальное превышение над фоновой концентрацией, так же как и для Иркутской области, составляет 4 раза. Временно допустимая концентрация на территории республики Бурятия составила 1,4. Таким образом, в Томской области ртутная нагрузка выше по сравнению с Иркутской областью и Республикой Бурятия в 1,5 раза.

В результате исследований содержания и геоэкологических особенностей накопления ртути в хвое на территории Сибирского региона выявлено, что концентрации Hg, соответствуют данным, полученным другими исследователями, как на территории Сибири и России, так и мира в целом. Наиболее высокие концентрации ртути отмечаются в хвое пихты, можжевельника и кедрового стланика, наименьшие – в хвое лиственницы и сосны. По мере старения хвои концентрация ртути увеличивается, достигая максимума в возрасте 3-х, 4-х лет, и далее значительно не меняется. Кроме того, отмечается уменьшение поступления элемента №80 в хвою с увеличением высоты относительно уровня моря. Расчеты взаимосвязи содержания ртути в хвое с климатическими показателями показывают неоднородность связи. Данные геоэкологических расчётов свидетельствуют о низком уровне накопления ртути хвойными на территории Сибири, что соответствует фоновым значениям.

#### Литература

1. Аношин Г.Н., Маликова И.Н., Ковалев С.И. и др. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири // Химия в интересах устойчивого развития, т. 3, № 1 - 2, 1995, С. 69 - 111.
2. Афанасьева Л.В., Михайлова Т.А., Кашин В.К. Состояние сосновых древостоев в условиях техногенного загрязнения в республике Бурятия // Растительные ресурсы, т. 46, выпуск 2, 2010, с. 51 - 60.
3. Ермаков В.В. Биогенная миграция и детоксикация ртути // Материала международного симпозиума «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты». - М.: ГЕОХИ РАН, 2010, с. 5 - 14.
4. Иванов В.В. «Экологическая геохимия элементов». Справочник. М «Экология», кн. 5, 1997, С. 576.
5. Лапердина Т.Г. Определение ртути в природных водах. Новосибирск «Наука», 2000, С. 222.
6. Михайлова Т.А., Калугина О.В., Афанасьева Л.В. и др. Тренды содержания химических элементов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в разных условиях произрастания и при техногенной нагрузке // Сибирский экологический журнал, 2 (2010) 239 – 247.
7. Теплая, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г.А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования, 2013. - №1 (23) – С.182.
8. Растения в экстремальных условиях питания: Эколого-физиологические исследования / под ред. М.Я. Школьника, Н.В. Алексеевой-Поповой. - Л.: Наука, 1983. - С. 176.
9. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. Москва 1992. С. 3 - 63.
10. Aboal J.R., Fernandez J.A., Carballeira A. Sampling optimization, at site scale, in contamination monitoring with moss, pine and oak // Environmental Pollution 115 (2001), С. 313 - 316.

#### СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ МАСШТАБА ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

А.Г. Щербакова, Л.И. Сваровская, И.Г. Яценко

Научный руководитель доцент Л.И. Сваровская

Институт химии нефти СО РАН (ИХН СО РАН), г. Томск, Россия

Разработана система мониторинга антропогенного загрязнения отдаленных труднодоступных заболоченных территорий северных районов нефтедобычи Томской области, сочетающая применение геоинформационных и дистанционных технологий в комплексе с лабораторными исследованиями. Для оценки масштаба, идентификации загрязнителей и процессов трансформации углеводородов применены методы моделирования, основанные на анализе материалов, полученных при полевых исследованиях и на основе обработки спутниковых данных MODIS и Landsat. Проведена оценка состояния растительного покрова в зависимости от концентрации загрязняющих нефтепродуктов и ферментативной активности системы почвенной микрофлоры. Рассчитан нормализованный вегетационный индекс (NDVI), отражающий состояние растительности на загрязненной территории. Определен коэффициент загрязнения малых рек, протекающих по территории Советского месторождения. Картографирована территория водосборного бассейна р. Васюган - приток р. Оби. С помощью ГИС-технологий определено около 400 точек переходов через сеть малых рек нефтепровода, который в случае аварии создаст высокий риск загрязнения.

Полученные результаты подтверждены данными физико-химических и микробиологических анализов проб почвы и воды, отобранных на исследуемой территории. Определена численность и деструктивная активность почвенной микрофлоры в зависимости от концентрации загрязняющих нефтепродуктов.

*Ключевые слова:* нефтезагрязнение, почвенная микрофлора, биодеструкция, ГИС-технологии, нормализованный вегетационный индекс, водосборный бассейн рек.

В связи с ростом антропогенной нагрузки на природные экосистемы возникает вопрос об устойчивости биосферы к постоянно происходящим изменениям. Аварийные ситуации на нефтепроводах, проложенных по заболоченной местности, сопровождаются значительными выбросами нефти и сопутствующей высокоминерализованной пластовой воды, что приводит к деградации почвы, гибели растительности, снижению численности почвенного биоценоза, загрязнению водных объектов [5]. Высокий риск загрязнения почвы и водных объектов создается при разливе нефти на территории водосборных бассейнов. Горизонтальное перемещение нефтепродуктов (геохимическая миграция) в водные объекты происходит с поверхностным стоком во время паводков, таяния снега и проливных дождей [1, 6]. Химический состав природных вод служит индикатором состояния геосистемы водосборного бассейна. В связи с этим представляется актуальным определение концентрации и площади загрязнения на территории водосборного бассейна и расчет смыва нефтепродуктов в речную систему [2]. Влияние нефтепродуктов, загрязняющих территорию водосборных бассейнов рек, на экологическую безопасность водных объектов имеет особое значение в сфере рационального природопользования, социальной политики и здоровья населения.

Цель работы: разработать систему мониторинга территории нефтедобывающих предприятий с помощью наземных исследований, дистанционных данных и геоинформационных технологий.

Объектом исследования служили заболоченные нефтезагрязненные площади Советского и Фестивального месторождений Томской области. В работе использовались снимки, полученные со спутника Landsat.

На территории Советского месторождения отобраны пробы фоновой и загрязненной почвы. Концентрацию нефти, в отобранных образцах, определяли стандартным методом экстракции хлороформом в аппарате Сокслета. Численность микрофлоры определяли классическим методом посева на мясо-пептонный агар. В конце эксперимента состав ОВ нефти, экстрагированной хлороформом, анализировали методами ИК- и хромато-масс-спектрометрии [4]. Для оценки состояния растительности и динамики её восстановления на загрязненной территории нефтедобывающих комплексов проводили расчет нормализованного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) на основе космических снимков MODIS и Landsat с использованием средств геоинформационных систем ArcGIS и графического редактора ERDAS Imagine [3, 7].

**Результаты.** На территории Томской области в настоящее время открыто более ста месторождений нефти и газа, из них в разработке находится 56. На всех объектах нефтегазодобывающего комплекса области в 2012г. зарегистрировано 600 аварийных отказов оборудования, в 2014 г. – 678 отказов [3]. Аварии на промысловых нефтепроводах сопровождаются выбросом нефти и сопутствующей высокоминерализованной пластовой воды. Нами исследована территория Советского и Фестивального месторождений нефти Томской области, приуроченных к заболоченной пойме р. Обь и р. Васюган соответственно. Картографирование загрязненных участков и зон неблагоприятного влияния загрязняющей нефти на почвенно-растительный покров осуществляли с использованием средств геоинформационных систем.

Для оценки масштаба, идентификации загрязнителей, процессов трансформации углеводородов и оценки состояния растительности применены методы моделирования, основанные на анализе материалов, полученных при полевых исследованиях и на основе обработки спутниковых данных MODIS и Landsat.

Для малых рек в районе Советского месторождения с помощью ГИС-технологий определено 68 точек пересечения нефтепровода через водную преграду, на площади водосборного бассейна р. Васюган – 376, которые создают высокий риск загрязнения. С помощью космических снимков определена площадь загрязнения в зоне водосбора на территории Советского месторождения – 0.26 км<sup>2</sup>, на территории Фестивального – 0.7 км<sup>2</sup>. Годовой смыв нефтепродуктов в речную сеть с этих площадей составляет 4.9 т и 1.3 т соответственно. Меньший смыв нефтепродуктов в речную систему на территории Фестивального месторождения определяется более низкой концентрацией нефтепродуктов и меньшей территорией загрязнения в сравнении с Советским месторождением. В процессах миграции нефти большую роль играет болотный микрорельеф. На обводненной болотистой местности из-за малой пересеченности рельефа, незначительных уклонов профиля труб и больших расстояний между линейными задвижками, разлив нефти во время аварии охватывает значительные площади. Примерная зона загрязнения по обе стороны нефтепровода измеряется от 200 м – для наземного участка, до 3 км – для перехода через водную преграду. Нефть локализуется на поверхности, глубина ее проникновения составляет 10-12 см.

На территории Советского месторождения в зоне водосборного бассейна нами проведены микробиологические и физико-химические исследования загрязненной почвы. Концентрация нефтепродуктов на загрязненной территории составила 28 - 44 г/кг. Численность почвенной микрофлоры на загрязненных участках определена в интервале от 0.6 до 2.7 млн. клет/г. На фоновом участке почвы концентрация загрязнения нефтепродуктами составила 1.8 г/кг, численность микрофлоры – 3.6 млн клет/г.

Для разработки научных основ биотехнологии ремедиации загрязненных почв с отобранными пробами поставлен модельный эксперимент по биодеструкции. Для активизации процессов биодеструкции углеводородов применяли 5 %-ный раствор композиции, содержащей ПАВ, карбамид и аммиачную селитру. В конце опыта через 30 суток остаточную нефть экстрагировали и анализировали методом хроматографии и ИК-спектрометрии. С целью изучения процессов ферментативного окисления углеводородов определяли динамику каталазной и дегидрогеназной активности аборигенного биоценоза. Исследуемые ферменты катализируют окислительно-восстановительные процессы и являются важным показателем биологической активности почвообразования. Каталазная активность за 30 суток биодеструкции, в зависимости от концентрации загрязнения, определялась в

интервале от 1.7 до 6.5 см<sup>3</sup> O<sub>2</sub>/см<sup>3</sup> среды за 1 мин, дегидрогеназная – от 0.4 до 2.5 мг ТТФ на 2 см<sup>3</sup> среды/сутки.

Окисление углеводов нефти протекает с неодинаковой затратой энергии. В нефти существенную роль играют высокомолекулярные метановые углеводороды, состоящие из n-алканов. Алканы атакуются микробной клеткой с меньшей затратой энергии, чем циклические и ароматические углеводороды, длинные цепи используются предпочтительнее, чем короткие. Увеличение коэффициента окисленности (C=O) в зависимости от концентрации загрязнения, отражает накопление кислородсодержащих продуктов метаболизма за счет деструктивных процессов, способствующих самоочищению нефтезагрязненной среды. Максимальный коэффициент окисленности 4.2 получен для фоновой почвы (исходное загрязнение 2.8 г/кг), минимальный – для пробы торфяной почвы № 205 с высокой концентрацией 44 г/кг исходного загрязнения. Несмотря на высокую концентрацию загрязнения торфяных почв, содержание гуминовых соединений одновременно с введенным азотистым субстратом поддерживает жизнедеятельность и геохимическую активность микроорганизмов на определенном уровне. Для количественной оценки состояния растительного покрова при разливе нефти на территории Советского месторождения с использованием космических снимков проведен расчет нормализованного вегетационного индекса (NDVI). Значения NDVI обычно изменяются в диапазоне от -1 до +1. Как правило, для густой растительности индекс составляет 0.7-0.85, для разреженной 0.08-0.15, для погибшей – значения минусовые.

**Заключение.** В условиях интенсивного промышленного освоения северных районов Томской области особое значение приобретает анализ структуры и динамики ландшафтно-геохимических комплексов позволяющий эффективно оценить последствия загрязнения окружающей среды. Оценка экологического риска на основе обработки спутниковых данных MODIS и Landsat, с использованием индексов NDVI значительно сократит время и финансовые расходы на проведение мониторинговых исследований загрязненных труднодоступных заболоченных территорий и позволит разработать план рекультивационных мероприятий для улучшения экологии окружающей среды.

#### Литература

1. Altunina L.K., Svarovskaya L.I., Alekseeva M.N., Yashchenko I.G. Integrated Assessment of Anthropogenic Contamination of Oil-Producing Territories in Western Siberia // Petroleum Chemistry. – 2014. – Vol. 54. – № 3. P. 234 –238.
2. Altunina L. K., Svarovskaya L. I., Polishchuk Yu. M., and Tokareva O. S. Remediation of the Damaged Environment of Oil Producing Areas // Petroleum Chemistry. – 2011. – Vol. 51. – № 5. – P. 381 – 385.
3. ArcHydro Tools. USA: ESRI, – 2011. – 184 с.
4. Большаков Г.Ф. Инфракрасные спектры насыщенных углеводородов. Часть 1. Алканы. – Новосибирск: Наука, 1986. – 177 с.
5. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М.: МГУ, 1993. – 230 с.
6. Сваровская Л.И., Алтунина Л.К. Активность почвенной микрофлоры в условиях нефтяных загрязнений // Биотехнология. – 2004. – № 3. – С. 63 – 69.
7. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28 – 32.

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ (НА ПРИМЕРЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ)

Ю.А. Юринова

**Научные руководители: профессор А.К. Мазуров<sup>1</sup>,  
старший научный сотрудник В.Е. Тумской<sup>2</sup> (МГУ им. М.В. Ломоносова)**

**<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия**

**<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Россия**

В последнее время все большее внимание уделяется геоэкологическим проблемам и экологическому состоянию природной среды Арктического региона, в основном, в связи с важной экономической ролью данного района не только для России, но и для всех приарктических стран.

Арктический регион занимает 21 млн км<sup>2</sup> и представляет собой область к северу от полярного круга (66°33' с.ш.), на территории которой проживает более 400 тыс. человек. Потребность ресурсов для экономического развития приводит к все большему вовлечению Арктического региона в хозяйственное освоение, и в первую очередь – морских акваторий, причем добыча полезных ископаемых (нефть, газ) является более значимой, чем транспортная функция и использование биологических ресурсов. Вместе с разработкой нефтегазовых месторождений возникает комплекс геоэкологических проблем (моря Белое и Карское), в перспективе это затронет моря Восточной Арктики (море Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское), так как зона шельфа в них является самой обширной и мелководной, при этом их изученность является крайне слабой.