

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ НЕФТЕРАЗЛИВОВ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Алексеева М.Н., Яценко И.Г.

Учреждение Российской академии наук Институт химии нефти

Сибирского отделения, г.Томск

amn@ipc.tsc.ru

Известно [1], что по чрезвычайным техногенным ситуациям, связанным с выбросами нефти и нефтепродуктов, Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО) лидирует не только в России, но и в мире. Ежегодные объемы аварийно разливаемой нефти составляют от 50 до 70 тыс. т. Так, в 2007 г. количество аварий составило 5480 и площадь разливов нефти составила 890,9 га. Из общего количества аварий 1/3 приходится на Нижневартовский район [2]. Несмотря на многократное увеличение объемов рекультивационных работ, влияющих на уменьшение площади загрязнения, данная проблема остается чрезвычайно острой.

Влияние нефтеразливов на окружающую среду определяются площадями загрязнения, природными условиями территории (состояние почвы, растительности и атмосферы) и свойствами нефти. Вследствие труднодоступности и заболоченности северных территорий, находящихся в зоне воздействия предприятий нефтедобычи, наиболее перспективным подходом к оценке влияния нефтеразливов на состояние окружающей природной среды рассматривается использование КС (КС) и ГИС- технологий. В связи с этим целью работы явилось выявление нефтеразливов и оценка их влияния на окружающую природную среду с использованием КС.

1. Методическая и экспериментальная часть работы

Общая последовательность анализа данных для оценки влияния нефтеразливов на состояние окружающей природной среды представлена на рис. 1.

Для проведения исследований использовались разновременные КС Landsat 1999 - 2001 гг. и 2005 - 2007 гг. в тепловом и инфракрасном канала. Для характеристики рельефа территории использованы доступные в сети интернет цифровые модели рельефа ASTER GDEM, ко-

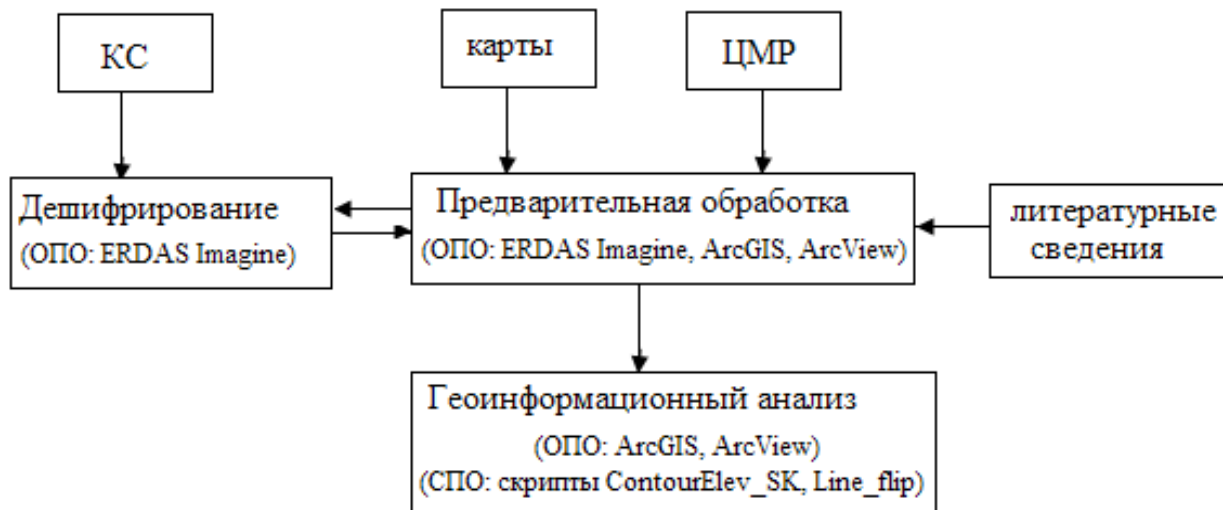


Рис. 1 - Схема анализа данных для оценки влияния нефтеразливов на состояние окружающей природной среды

Обозначения: ЦМР - цифровая модель рельефа, ОПО - общее программное обеспечение, СПО – специальное программное обеспечение

которые обладают приемлемой точностью, геометрически привязаны и удобны в обработке. Для выявления нефтеразливов и природно-антропогенной структуры территории на космических снимках и определения достоверности результатов дешифрирования использовались

литературные сведения - карты, рисунки, статистические данные и описания наземных исследований [3 - 6].

Обработка вышеперечисленных данных проводилась с использованием общего программного обеспечения: ERDAS Imagine, ArcGIS и ArcView и специального программного обеспечения, включающего доступные в сети Интернет программы ContourElev_SK и Line_flip [7]. Дешифрирование космических снимков Landsat осуществляется с обучением решающего алгоритма программы классификации на основе выбранных сигнатур средствами пакета ERDAS Imagine. Предварительная обработка классифицированных КС, карт, доступных в интернет цифровых моделей рельефа ASTER DEM и литературных сведений подразумевает их геометрическую регистрацию пространственное совмещение в заданной проекции с использованием средств ERDAS Imagine и преобразование в отдельные слои векторного формата в геоинформационной системе ArcGIS. Геоинформационный анализ с расчетом площадей нефтеразливов и их распределения по ландшафтным выделам и по типам почв выполняется средствами ArcGIS и ArcView. Анализ растекания нефти с учетом особенностей рельефа проводится с применением средств ArcGIS и специального программного обеспечения.

2. Выявление на космических снимках нефтеразливов и определение их площадей

Выявление нефтеразливов и оценка их влияния на состояние окружающей природной среды с использованием КС проводилась на примере территории тестового участка. Тестовый участок расположен на территории ХМАО и охватывает территории крупных месторождений нефти - Самотлорское, Ватинское, Мамонтовское, Покачевское, Федоровское, Урьевское и Мыхпайское (рис. 2).

На основе дешифрирования КС было определено, что общая площадь нефтяных разливов на территории тестового участка составляет 24 км², из них 2,8 км² приходится на Мамонтовское месторождение и 11 км² на долю Самотлорского месторождения.

Была сделана проверка соответствия (валидация) дешифрирования нефтяных разливов на основе литературных данных о состоянии нефтезагрязнения территорий Самотлорского, Ва-

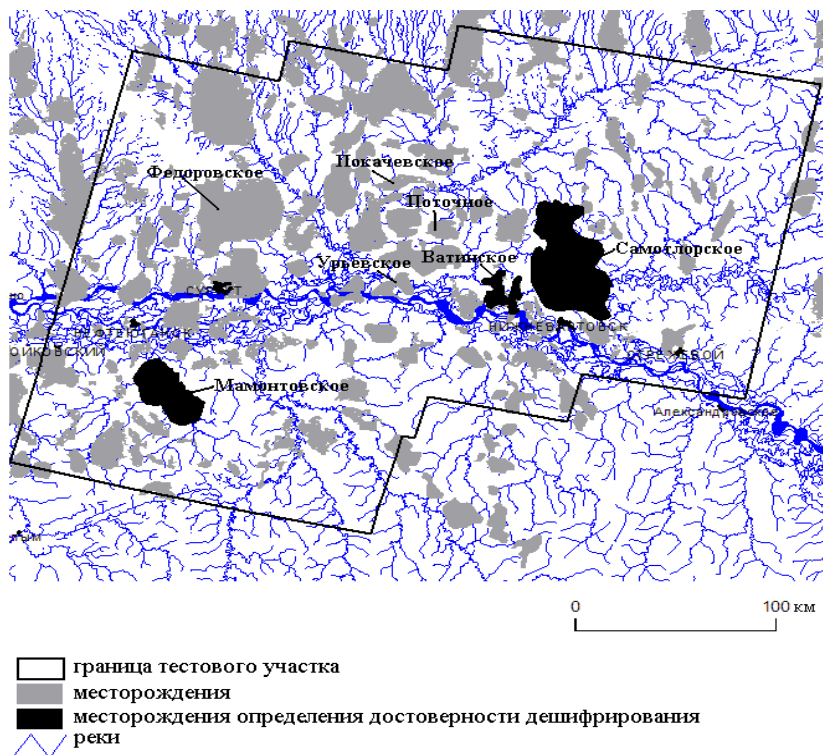


Рис. 2 - Тестовый участок дешифрирования нефтеразливов

тинского и Мамонтовского месторождений. Установлено полное соответствие наших результатов дешифрирования космических снимков территории Самотлорского месторождения с данными, полученным в результате дешифрирования КС исследователями экологической организации Гринпис [4]. Соответствие дешифрирования нефтяных разливов на косми-

ческих снимках для территории Мамонтовского месторождения составило 60 % по отношению к полевым исследованиям [5].

В результате дешифрирования разновременных КС (1999 - 2001 гг. и 2005 - 2007 гг.) была выявлена отрицательная динамика изменения площадей нефтеразливов на территории Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений (рис. 3). Действительно за последние годы на территории ХМАО отмечается уменьшение площади нефтезагрязненных земель, как в результате проведенной рекультивации [1, 2], так и благодаря процессам самовосстановления.

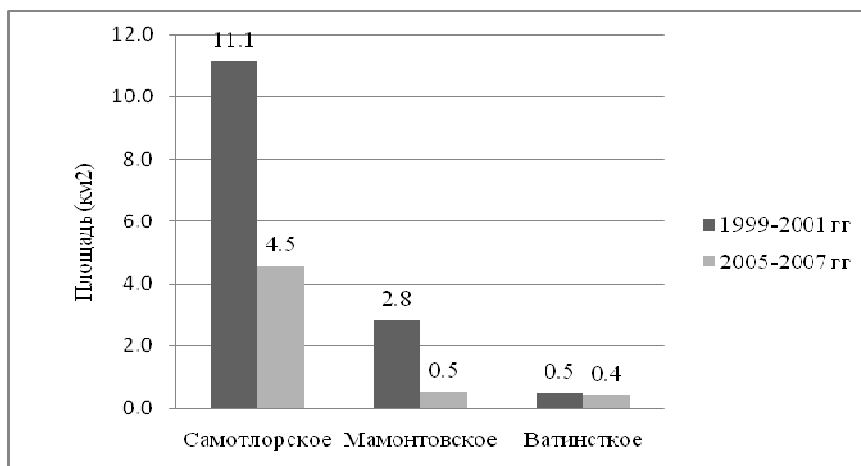


Рис. 3 - Динамика изменения площадей нефтеразливов на территории Самотлорского, Ватинского и Мамонтовского месторождений

3. Оценка влияния нефтеразливов на состояние окружающей природной среды

Наибольший ущерб экосистемам при разведке, обустройстве и эксплуатации месторождений наносится за счет механических и химических нарушений растительного, почвенного покрова, подстилающих пород и испарение легких фракций нефти в атмосферу.

Влияние нефтеразливов на почву.

Характер нефтяного загрязнения территории существенно определяется рельефом и почвенно-гидрологическими особенностями местности. Отмечено [11], что возвышенные, изре-



Рис. 4 - Трехмерная модель участков нефтеразливов на Самотлорском месторожде-

занные долинами ручьев ландшафты с холмисто-увалистым рельефом обуславливают небольшие площади разливов и вытянутую форму нефтяного пятна. Наибольшие по площади

разливы имеют место на верховых олиготрофных болотах с высоким уровнем грунтовых вод, что характерно для заболоченных водоразделов тестового участка.

На трехмерной модели местности участка южной части Самотлорского месторождения с абсолютными отметками высот поверхности 34 - 64 м показаны большие, вытянутые нефтеразливы и направление их растеканий по рельефу (рис. 4). Линии направления растекания нефти проведены по осям нефтеразливов, их направление указано с использованием [7].

Разливы нефти оказывают отрицательное влияние на почвы [9, 10]. Торфяные почвы и торфяники обладают наибольшей нефтеемкостью. На сфагново-осоковых болотах основное количество нефти сосредотачивается в верхнем пятисантиметровом слое, на сфагново-кустарничковых – в 10 - 15-сантиметровом слое. При падении уровня грунтовых вод нефть оседает на поверхности болота и постепенно затвердевает, образуя битумообразную корку [9, 11]. Известно [2, 6, 8], что почвы Средней Оби – глееземы, подзолы, светлосемы, подзолистые, торфяные олиготрофные. Почвы, подвергшиеся техногенному воздействию, в дальнейшем при классификации ландшафтных выделов мы будем их называть «минерализованные участки» - это техногенные поверхностные образования и в основном представлены насыпными минеральными грунтами отвалов вскрытых пород из песка, супеси и суглинка [2, 8]. На насыпных песчаных основаниях буровых площадок глубина нефтяного загрязнения достигает 0,5 - 1 м [11].

Дальнейшие исследования влияния нефтеразливов на почвенный покров будут проводиться с учетом свойств почв и нефти на месторождениях и трубопроводных магистралях.

Влияние нефтеразливов на растительный покров.

В результате химико-механических нарушений растительного покрова нефтедобывающих таежных территорий происходит: а) замещение мезоморфной растительности влаголюбивой (болотной и лугово-болотной), б) замещение лесной растительности группировками суходольных лугов с небольшим видовым разнообразием и сорными видами трав [9]. Как известно, в Среднем Приобье распространены болота верхового типа, имеющие низкую устойчивость к воздействию, где на месте нефтеразливов в условиях низких температур и переувлажненности в основном погибает мохово-травяная растительность болот, деревья усыхают [12, 13]. Также в [14] установлено, что при загрязнении нефтью территории с высоким процентом лесов происходит посветление молодой хвои, более раннем опадении старой хвои, уменьшении прироста ветвей, уменьшении размеров листьев березы. При незначительном загрязнении нефтью происходит сокращение обилия лишайников и всходов сосны, кедра.

Нами при дешифрирования КС Landsat территории тестового участка определены следующие выделы ландшафта: болото, травяные экосистемы пойм и стадий восстановления на

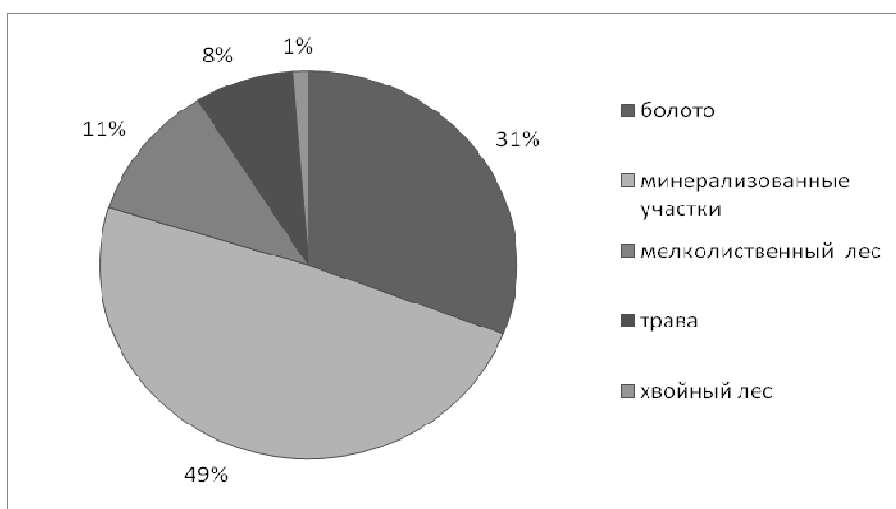


Рис. 5 - Распределение площади разливов по ландшафтным выделам на территории тестового участка

месте вырубок лесов, мелколиственный лес, хвойный лес и минерализованные участки, которые отсыпаны привозным глинистым или песчаным грунтом и лишены растительности.

На рис. 5 показано распределение площади разливов по выделам ландшафта на территории тестового участка. Как видно из рис. 5, почти половина площади нефтеразлива приходится на минерализованные участки. На долю болот приходится 31 % от площади нефтеразлива.

Установлено, что наименее пострадали от нефтяного загрязнения хвойные леса (1 %) и вторичная растительность на месте вырубок. Площади нефтеразливов на местах распространения луговой растительности и лиственных лесов по состоянию территории на 2000 г. составляют соответственно 11 % и 8 %.

Получено распределение площади разливов по выделам ландшафта на территориях Самогторского, Ватинского и Мамонтовского месторождений (рис. 6). Показано, что на территории Самогторского и Ватинского месторождений на долю болот приходится 42 и 37 % от площади нефтеразливов соответственно, на Мамонтовском месторождении меньше - всего 22 %. Как видно из рис. 6, на долю минерализованных и открытых от растительности участков Самогторского и Ватинского месторождений приходится более половины (57 %) площади нефтеразливов, для Мамонтовского месторождения – 33 % площади разлива.

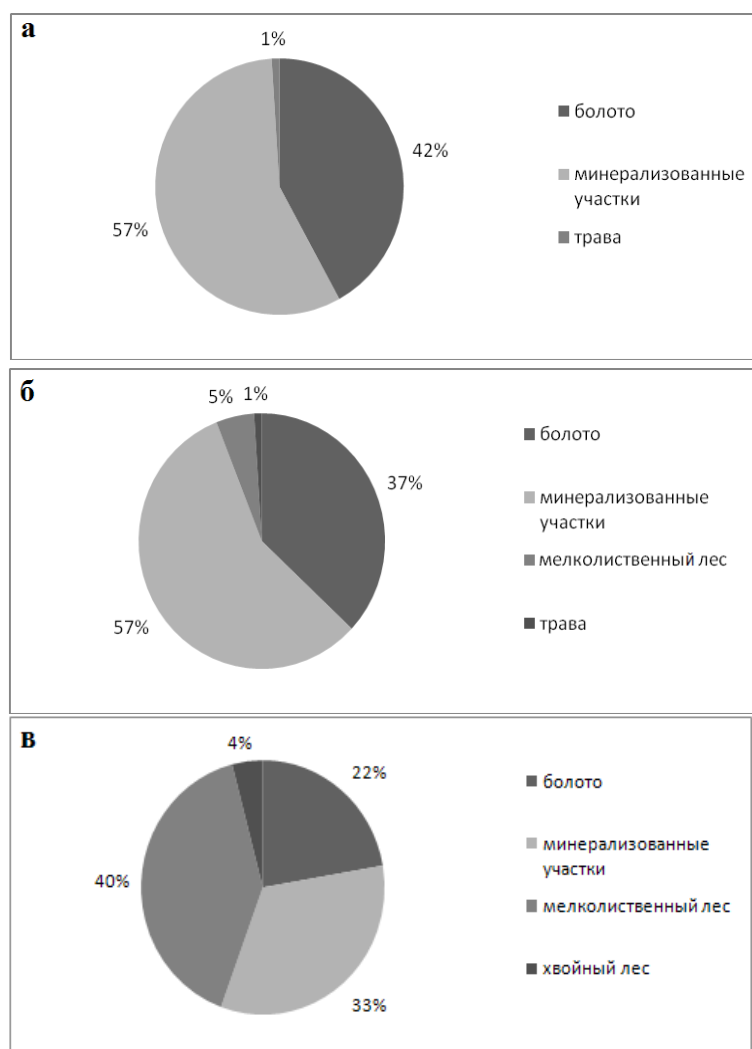


Рис. 6 - Распределение площади разливов нефти по ландшафтным выделам на тестовом участке оцнтраций ть минерализованные территории месторождений: а) Самогторского, б) Ватинского, в) Мамонтовского

Влияние нефтеразливов на атмосферу.

Легкие фракции нефти, в том числе канцерогенные ароматические углеводороды, испаряясь в летнее время с поверхности разливов, загрязняют атмосферный воздух. В случае воз-

никновения на месте нефтеразлива пожара (10 % аварий) происходит выброс в атмосферу значительного количества сажи, содержащей канцерогенные вещества.

По данным [10] путем испарения из почвы удаляется от 20 до 40 % легкой фракции.

Степень загрязнения атмосферы вследствие аварийного разлива нефти определяется массой летучих низкомолекулярных углеводородов, испарившихся с покрытой нефтью поверхности земли или водоема [15].

Масса углеводородов, испарившихся с поверхности земли, покрытой разлитой нефтью, определяется по формуле:

$$M_{и.п.} = q_{и.п.} \cdot F_{гр} \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где $F_{гр}$ - площадь нефтенасыщенного грунта, m^2 ; $q_{и.п.}$ - удельная величина выбросов углеводородов в атмосферу с поверхности нефти, $г/м^2$. Величина $q_{и.п.}$ зависит от плотности нефти, средней температуры поверхности испарения, толщины слоя нефти на дневной поверхности земли, продолжительности процесса испарения свободной нефти с дневной поверхности земли [15].

В работе на примере территории Самотлорского месторождения рассмотрено влияние на атмосферу нефтеразливов. Отмечено [5], что нефтяные разливы на Самотлорском месторождении давностью два года имели открытую нефтяную поверхность с глубиной нефтяного слоя достигающего в отдельных местах нескольких десятков сантиметров.

Нефть Самотлорского месторождения в среднем легкая, маловязкая, малосмолистая, сернистая и парафинистая плотность нефти при $20^{\circ}C$ составляет $0,85-0,86 г/см^3$ [16]. Легкие фракции, вскипающие до $150^{\circ}C$, составляют 17 % от объема нефти,

Нами при расчете массы углеводородов, испарившихся с поверхности Самотлорского месторождения за июнь - август 1998 и 1999 гг. толщина нефтяной пленки была принята за 1 - 5 см, средняя температура поверхности испарения рассчитывалась в соответствии с формулой [2]. Удельная величина выбросов углеводородов в атмосферу с поверхности нефти при средней за теплый период двух лет температуре поверхности испарения $8^{\circ}C$, составила $1763 г/м^2$.

Всего при площади нефтяных разливов в $11 км^2$ за 1998 - 1999 гг. за теплый период в атмосферу поступило 19393 т испарившихся углеводородов в составе метана, пентана и гексана. Необходимо отметить, что превышение предельно допустимых концентраций, например, пентана и гексана, в атмосферном воздухе отрицательно влияет на здоровье человека. Их предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе составляют 100 и $60 мг/м^3$ [17].

Заключение

Таким образом, путем дешифрирования КС на территорию ХМАО определены площади нефтеразливов и природно-антропогенная структура территории тестового участка. Выявлена динамика изменения площадей нефтеразливов во времени, которая показывает на настоящее время уменьшение площадей нефтеразливов на месторождениях, что связано с процессами рекультивации и самовосстановления. Показано влияние нефтеразливов на почвенный, растительный покров и атмосферу. Установлено распределение площади нефтеразливов по ландшафтным выделам на территории тестового участка. Показано, что $1/3$ площади загрязнения на тестовом участке приходится на болота, которые имеют низкую устойчивость к механическому и химическому воздействию. Проведен сравнительный анализ загрязнений ландшафтных выделов на месторождениях ХМАО – Самотлорском, Мамонтовском и Ватинском. Показано, что на этих месторождениях наиболее загрязнены нефтью и нефтепродуктами торфяные почвы и техногенные поверхностные образования. На примере Самотлорского месторождения показан уровень загрязнения атмосферного воздуха от испарения углеводородов с открытых поверхностей нефтеразливов. В целом отметим, применение КС для оценки влияния нефтеразливов на окружающую среду в условиях заболоченности и труднодоступности северных территорий перспективно и научно обосновано.

Литература

1. Информационный бюллетень «О состоянии окружающей среды Ханты – Мансийского автономного округа – Югры в 2006-2007 годах». – Ханты- Мансийск: ОАО «НПЦ Мониторинг», 2008.- 117 с.
2. Состояние окружающей среды и природных ресурсов в городе Нижневартовске и Нижневартовском районе в 2006 г. – Нижневартовск: Издательский дом «Югорский».- 82 с.
3. *Васильев С.В.* // Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. - Новосибирск: Наука, 1998. – 123 с.
4. *Михайлов С, Таргулян О.* // Нефтяные разливы - вид из космоса / ArcReview. - 2001. - № 2. - С.6.
5. *Казанцева М. Н., Казанцев А. П., Гашиев С. Н.* // Характеристика нефтяного загрязнения территории Мамонтовского месторождения нефти / Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Вып. 2. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2001. - С. 86 - 90.
6. *Сивоконь И.С., Шор Е.Л.* // Анализ современного состояния природной среды в районе Ватинского нефтяного месторождения / Биологические ресурсы и природопользование. Сборник научных трудов. - Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. пед. ин-та, 1997. Вып. 1. - С. 99 - 113.
7. ArcScripts Home – ESRI Support [Электронный ресурс]: программы. - Режим доступа: <http://arcscripts.esri.com/>
8. *Коркина Е.А.* // Формирование техногенных поверхностных образований на территории Среднего Приобья / Актуальные проблемы географии и геоэкологии [Электронный ресурс]: журнал, 2010. - Режим доступа: <http://geoeko.mrsu.ru>, свободный
9. *Солнцева Н.П.* // Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов.- М: Изд-во МГУ, 1998. - 376 с.
10. *Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М.* // Экология, нефть и газ.- М.: Наука, 1997. - 598 с.
11. *Чижев Б.Е., Черкашина М.В.* // Экологические последствия нефтегазодобычи в Ханты –Мансийском автономном округе / Проблемы топливно-энергетического комплекса Западной Сибири. Сборник научных трудов.- Тюмень, 2009. – С. 402-417.
12. *Чижев Б. Е., Долингер В. А., Захаров А. И.* // Особенности нефтяного загрязнения территории Ханты-Мансийского автономного округа / Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения, 2008.- №8. - С. 15-21.
13. *Зубайдуллин А.А.* // Самовосстановление нарушенных фитоценозов на нефтезагрязненных участках суходолов и верховых болот / Наука и образование ХМАО - XXI веку. Сборник тезисов докладов окружной конференции молодых ученых и специалистов. - Сургут.: СурГУ, 2000.- С.56-57.
14. *Захаров А. И., Гаркунов Г. А., // Чижев Б.Е.* Виды и масштабы воздействий нефтедобывающей промышленности на лесной фонд Ханты-Мансийского автономного округа / Леса и лесное хозяйство Западной Сибири. Вып. 6. - Тюмень: Изд-во ТГУ, 1998. - С. 149 – 160.
15. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 1 ноября 1995 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ecoguild.ru/docs/usherblarn.doc>, свободный.
16. Сравнительная физико-химическая характеристика нефтей пластов БВ₇ и БВ₈ Самотлорского месторождения // Вестник недропользователя [Электронный ресурс]: журнал, 2002. – Режим доступа: <http://www.oilnews.ru/magazine/2002-09-11.html>, свободный.
17. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [Электронный ресурс]: ГОСТ, 2003. - Режим доступа: <http://libgost.ru/>, свободный