

Ю.М. Полищук, О.С. Токарева

Анализ воздействия загрязнений атмосферы на лесоболотные экосистемы в нефтедобывающих районах Сибири

Институт химии нефти СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 28.08.2000 г.

Рассмотрено воздействие нефтедобычи на природную среду на примере влияния загрязнения атмосферы, вызванного сжиганием попутного газа, на типичные для таежной зоны Сибири ландшафты. Анализ проведен с использованием комплексного подхода, основанного на сочетании санитарно-гигиенического и ландшафтно-геохимического методов. Изучено влияние объемов добычи нефти. Даны количественные оценки размеров площадей ландшафтных выделов, загрязненных выбросами в атмосферу сажи и диоксида азота.

Введение

Анализ состояния окружающей среды на территориях деятельности нефтегазового комплекса показывает [1], что из основных факторов техногенных воздействий наибольшую опасность для природной среды представляет химическое загрязнение почв, водоемов и атмосферного воздуха. Очень агрессивными и опасными агентами химического загрязнения атмосферы являются продукты сжигания попутного газа в разбросанных по всей территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции факельных установках, вокруг которых формируются обширные шлейфы аэрозольного загрязнения [2]. Их негативное воздействие усиливается мелкодисперсными продуктами неполного сгорания углеводородов, обладающими токсическими свойствами, а также выбрасываемой в больших объемах сажей. Известно, что сажа забивает дыхательные устья хвойных, что вызывает усыхание лесов из-за большого временного цикла смены хвои. Оксиды азота участвуют в образовании кислотных осадков, способствуют фотохимическому образованию окислителей в листьях, а прямое воздействие оксидов азота приводит к пожелтению или побурению листьев и игл [3]. Кислотами активизируется действие тяжелых металлов. Все это приводит к снижению жизнеспособности растений. По данным [3], нарушение роста растений при воздействии диоксида азота наблюдается при его концентрации в воздухе $0,35 \text{ мг/м}^3$.

В данной статье рассмотрено экологическое воздействие нефтедобычи на примере учета влияния загрязнения атмосферы сажей и диоксидом азота на лесоболотные комплексы на территории нефтедобывающих районов Западной Сибири.

1. Методические вопросы анализа

Современная практика решения этих задач [4] основана на использовании санитарно-гигиенических нормативов (типа ПДК, ПДВ и др.), применение которых к оценке воздействий на ландшафтную сферу с ее совокупным биоразнообразием не обосновано. Поэтому в данной работе использовался комплексный подход к

оценке воздействий [5], который сводился к совмещению санитарно-гигиенического [4] и ландшафтно-геохимического [6] подходов к оценке воздействия на природную среду, который позволяет оценить размеры площадей загрязненных ландшафтных выделов. Однако такой комплексный подход требует использования больших объемов экологической, картографической и другой количественной информации о состоянии компонентов природной среды, что практически невозможно без применения геоинформационных систем (ГИС) и ГИС-технологий [7].

Путем моделирования рассеяния в атмосфере загрязняющих веществ определялись зоны загрязнения [8] для различных величин их концентрации в воздухе (в долях ПДК или в относительных величинах массы, нормированной к площади). Наложением контуров этих зон на ландшафтную карту средствами ГИС определялись относительные площади ландшафтных выделов, подверженных воздействию загрязнения. Такие зоны загрязнения определялись для сажи и двуоксида азота на территории нефтедобычи. Расчеты производились по известной методике ОНД-86 [4] с учетом розы ветров. Районы деятельности предприятий нефтедобычи в таежной зоне Западной Сибири включают в себя земли, относящиеся преимущественно к лесному фонду, поэтому ландшафтная карта территории основана на материалах по лесоустройству. Исследования проводились с использованием реальных данных о загрязнении воздуха на основе экологических паспортов нефтедобывающих предприятий.

2. Краткая характеристика объекта исследований

В качестве территориального объекта исследований выбран участок площадью $12,8 \text{ тыс. км}^2$ на северо-западе Томской области, называемый далее ключевым участком (КУ). Территория КУ характеризуется согласно [5] высокой гидроморфностью, низкими значениями биоклиматического потенциала и слабой устойчивостью экосистем к внешним воздействиям. Ландшафтная структура территории КУ сформирована прогрессирующим боло-

тообразованием в центральной части водораздельных равнин и дренирующей деятельностью немногочисленных рек и ручьев [2] и определяется взаимопроникновением лесных и болотных ландшафтных выделов. Болотные ландшафты занимают около 40% площади ключевого участка. В основном это крупные олиготрофные болота, сливающиеся в один массив.

Как видно из табл. 1, более 90% территории КУ занимают три типа природных выделов: темнохвойно-мелколиственные леса (ТМЛ), сосновые леса (СЛ) и верховые болота (ВБ). Поэтому в дальнейшем приводятся расчетные результаты только для этих преобладающих типов ландшафта.

Таблица 1

Структура ландшафтных выделов на территории ключевого участка

Тип ландшафта	ТМЛ	СЛ	ВБ	Низинное болото	Переходное болото	Пойма р.Васюган
Нормированная площадь, %	51,7	4,8	37,9	0,3	1,4	3,9

На территории КУ функционируют в настоящее время несколько месторождений, где сжигается попутный газ в факельных установках. Так, на месторождении Первомайском в атмосферу выбрасывается 388 т сажи и 63 т диоксида азота в год. В целом по территории КУ в атмосферу выбрасывается 537 т сажи и 130 т диоксида азота в год.

Объектом анализа в данной статье являются размеры площадей загрязненных ландшафтов, отнесенных к общей площади соответствующего типа ландшафта (в пределах КУ). Разумеется, эти относительные площади будут зависеть как от уровня загрязнения (в долях ПДК), так и от объема добываемой нефти, с которым связан объем сжигаемого попутного газа. Под уровнем загрязнения здесь понимается отношение концентрации загрязняющего вещества в воздухе к величине его ПДК.

3. Влияние объемов добычи нефти на площади загрязненных ландшафтов

На основе учета реальных объемов выбросов из всех факельных установок на территории КУ определялись площади природных выделов, оказавшихся в зонах загрязнения атмосферы. Для уровней загрязнения 0,1, 0,3 и 0,5 (от ПДК) для разных типов ландшафта были рассчитаны отношения площади загрязненного выбросами сажи или диоксида азота ландшафтного выдела к его общей площади в зависимости от объема добычи нефти (рис. 1, 2).

Полученные зависимости (см. рис. 1) хорошо аппроксимируются полиномами 3-й степени, имеющими вид

$$y = a_0 + a_1 x^1 + a_2 x^2 + a_3 x^3, \quad (1)$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 – коэффициенты полинома, значения которых приведены в табл. 2.

Обработка результатов расчетов площадей загрязненных выделов диоксидами азота в зависимости от уровня добычи нефти (см. рис. 2) показывает, что при уровне загрязнения, соответствующем ПДК, при суще-

ствующих объемах выбросов зоны загрязнения в основном локализованы на территории месторождений и их диаметр достигает 4 км, суммарная площадь составляет 35 км².

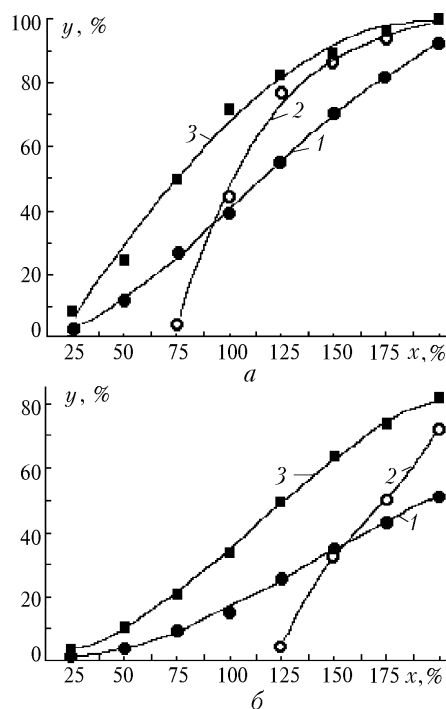


Рис. 1. Зависимость относительной площади y загрязненных выбросами сажи ландшафтных выделов от объемов добычи нефти x при $a - 0,3$ ПДК, $b - 0,5$ ПДК; 1 – ТМЛ; 2 – СЛ; 3 – ВБ

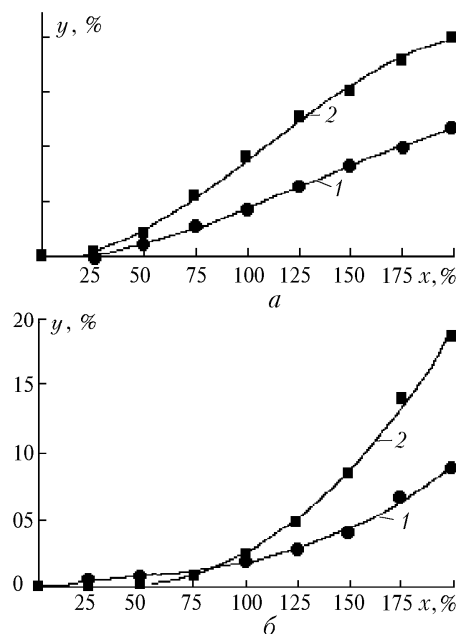


Рис. 2. Зависимость относительной площади y загрязненных выбросами диоксида азота ландшафтных выделов от объемов добычи нефти x при $a - 0,1$ ПДК; $b - 0,3$ ПДК; 1 – ТМЛ, 2 – ВБ

Уменьшение по сравнению с сажой общего объема выбросов диоксида азота приводит и к уменьшению площади загрязнения, а сосновые леса, имеющие сравнитель-

но малую относительную площадь на территории КУ (см. табл. 1), не попадают в зоны загрязнения диоксидом азота,

что и объясняет отсутствие на рис. 2 кривых, соответствующих этому типу ландшафта.

Таблица 2

Коэффициенты полиномов для данных рис. 1

Тип выдела	Интервал значений x	a_3		a_2		a_1		a_0	
		0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5
ВБ	[25; 200]	-0,077	-0,291	-0,802	3,965	26,104	-3,276	-19,374	2,716
ТМЛ	[25; 200]	-0,207	-0,154	2,782	2,567	2,889	-3,037	-3,21	2,544
СЛ	[0; 75]	0	-	0	-	0	-	0	-
	[75; 200]	0,823	-	-18,292	-	140,55	-	-275,32	-
	[0; 125]	-	0	-	0	-	0	-	0
	[125; 200]	-	2,277	-	-45,65	-	322,33	-	-750,36

Таблица 3

Коэффициенты полиномов для данных рис. 2

Тип выдела	Интервал значений x	a_3		a_2		a_1		a_0	
		0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3
ВБ	[0; 200]	-0,265	0,019	4,242	0,163	-8,367	-1,018	3,509	1,014
ТМЛ	[0; 200]	-0,106	0,022	1,972	-0,165	-4,231	0,79	2,344	-0,622

Как видно из рис. 2, отношения y площади загрязненного ландшафтного выдела к общей площади выдела в зависимости от объема добычи нефти, как и в предыдущем случае, аппроксимируются полиномами 3-й степени вида (1). Коэффициенты полиномов аппроксимации приведены в табл. 3.

ниа атмосферного воздуха (в долях ПДК). Результаты расчетов представлены на рис. 3, из которого видно, что зависимости относительной площади y загрязненного ландшафта от уровня загрязнения z достаточно хорошо аппроксимируются семейством кривых степенного вида, уравнения которых имеют вид

$$y = Az^B, \quad (2)$$

где z – величина загрязнения воздуха (в долях ПДК); A и B – коэффициенты уравнения (2), численные значения которых приведены в табл. 4.

Таблица 4

Коэффициенты аппроксимации для данных рис. 3

Тип выдела	A		B	
	Сажа	Диоксид азота	Сажа	Диоксид азота
ТМЛ	864,17	44,397	-2,24	-2,05
СЛ	52244	-	-5,57	-
ВБ	699,82	922,84	-1,72	-4,49

Заключение

Согласно проведенным расчетам связь объемов добываемой нефти с площадью загрязнения имеет нелинейный характер. Так, например, при прогнозе увеличения объемов добываемой нефти в 2 раза произойдет более чем двукратное увеличение площади сажевого пятна. Оценка влияния выбросов в атмосферу из факелов всех месторождений на территории КУ показала, что распределение концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) по территории достаточно неоднородно и в результате эффектов суперпозиции повышенные концентрации ЗВ могут проявляться и вне территории месторождений.

Из анализа полученных в работе расчетных данных видно, что загрязнение атмосферы в результате сжигания попутного газа сказывается на состоянии воздушного бассейна на значительных расстояниях от места добычи нефти. При этом в зоне воздействия одного месторождения оказываются и другие месторождения, т.е. имеют место наложение ареалов загрязнения и слияние их в единое западносибирское «сажевое» пятно. В результате наложения

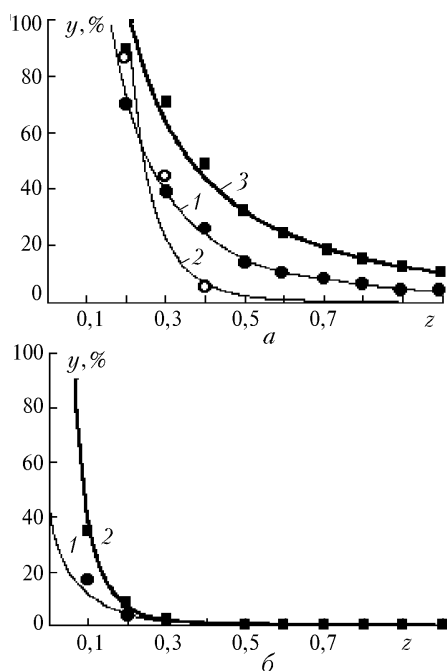


Рис. 3. Зависимость относительной площади y загрязненного ландшафта от уровня загрязнения z (a – выбросы сажи, b – выбросы азота); 1 – ТМЛ; 2 – СЛ; 3 – ВБ

4. Анализ воздействия загрязнений атмосферы в зависимости от уровня загрязнения

Рассмотрим относительные площади загрязненных ландшафтных выделов в зависимости от уровня загрязне-

нескольких ареалов могут образоваться очаги с высокими концентрациями загрязняющих веществ на значительном удалении от источников. Совместный анализ зон концентрации ингредиентов и ландшафтной обстановки позволяет выявить территории природных выделов, оказавшихся под влиянием значительных антропогенных нагрузок.

Следовательно, рассмотренный в статье подход, учитывающий динамику добычи нефти, дает возможность проследивать изменение экологической нагрузки на разные типы природных выделов во времени и в зависимости от уровней относительного загрязнения. Программно-технические возможности ГИС позволяют выявить места повышенного влияния рассматриваемого фактора воздействий нефтедобычи с учетом природной обстановки конкретной территории. Полученные результаты могут быть использованы при выборе точек наземного наблюдения, разработке программ экологического мониторинга, а также для экологической оценки воздействий нефтедобычи на других территориях со сходной структурой ландшафта.

Yu.M. Polishchouk, O.S. Tokareva. Analysis of atmosphere pollution impact on forest-swamp ecosystems of Siberian oil production regions.

Oil production impact on the nature is considered by accounting an effect of air pollution caused by gas burning on landscapes typical for Siberian taiga. The analysis is conducted with using a complex method based on combination of sanitary-hygienic and landscape-geochemical ones. Effect of oil production volumes is studied. Quantitative evaluations of landscape areas polluted by air disposals of soot and nitrogen dioxide are given.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 98-05-03174.

1. *Васильев С.В.* Воздействие нефтедобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. Новосибирск: Наука, 1998. 76 с.
2. *Федюнин В.А.* // Нефтяное хозяйство. 1996. № 11. С. 87–89.
3. *Фелленберг Г.* Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. М.: Мир, 1997. 232 с.
4. *Гриценко А.И., Аконова Г.С., Максимов В.М.* Экология. Нефть и газ. М.: Наука, 1997. 598 с.
5. *Полищук Ю.М., Березин А.Е., Дюкарев А.Г., Токарева О.С.* // II Межд. симп. «Контроль и реабилитация окружающей среды»: Тезисы докл. Томск: «Спектр» ИОА СО РАН, 2000. С. 13–17.
6. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
7. *Polichtchouk Y., Kozin E., Ryuhko V., Tokareva O.* // Proceedings SPIE. 1999. V. 3983. P. 572–577.
8. *Polichtchouk Yu.M., Salmina N.Yu., Tsipileva T.A.* // Chemistry for Sustainable Development. 1996. V. 4. P. 21–31.