

Оценка экологического риска воздействия атмосферного загрязнения на растительность

О.С. Токарева, Ю.М. Полищук*

*Институт химии нефти СО РАН
634021, г. Томск, пр. Академический, 3*

Поступила в редакцию 12.01.2011 г.

Рассмотрены вопросы оценки экологического риска воздействия точечных источников химического загрязнения атмосферы на растительность. Оценка экологического риска основана на использовании критерия чрезвычайной экологической ситуации с учетом чувствительности различных растительных сообществ к загрязнению атмосферы и особенностей пространственной структуры растительного покрова, определяемой на основе космических снимков. Предложены пороговые уровни загрязнения атмосферы сажей для разных видов растительных сообществ. Картографирование зон экологического риска показано на примере воздействия сжигания попутного газа на растительный покров территории Приобского нефтяного месторождения в Западной Сибири.

Ключевые слова: растительность, экологический риск, воздействие, загрязнение атмосферы, космические снимки; vegetation cover, ecological risk, impact, air pollution, space image.

Введение

В таежной зоне Западной Сибири, где добывается более половины российской нефти, факельные установки для сжигания попутного газа являются наиболее мощными источниками химического загрязнения атмосферы, оказывающими вредное воздействие на растительность [1, 2]. Сжигание попутного газа сопровождается выбросом в атмосферу больших объемов сажи, углеводородов и оксидов азота, вызывающих угнетение растительности и нарушение функционирования экосистем. Экологическая опасность химического загрязнения атмосферы связана с кумулятивностью действия химических веществ и удаленностью во времени биологических последствий. В этой ситуации наиболее эффективным подходом к оценке аэротехногенного воздействия на лесные экосистемы является использование концепции экологического риска техногенных воздействий химического загрязнения атмосферы на растительный покров. В настоящее время недостаточно разработаны вопросы оценки экологического риска воздействия атмосферного загрязнения на растительность. В связи с этим целью работы является изложение методических вопросов оценки экологических рисков воздействия точечных источников атмосферной эмиссии загрязняющих веществ на растительность.

Методика определения уровней загрязнения атмосферы, соответствующих разным зонам экологического риска

Принято рассматривать три уровня экологического риска [3]: пренебрежимый, приемлемый и неприемлемый, в соответствии с чем на территории, подвергающейся воздействию неблагоприятных факторов, могут быть выделены зоны соответствующих рисков. Важным вопросом является определение концентраций загрязняющих веществ, соответствующих разным уровням риска.

Уровень загрязнения атмосферы в настоящее время обычно оценивают в долях ПДК (предельно допустимая концентрация). Учитывая инерционность проявлений воздействия химического загрязнения на растительные сообщества, при установлении уровня загрязнения атмосферы необходимо использовать не среднесуточные, а среднегодовые значения ПДК, которые могут быть определены на основе методических материалов, изложенных в [4]. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе рассчитываются по ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных мест». Степень загрязнения воздуха рассчитывается [4] с учетом кратности превышения среднегодового значения ПДК веществ, их класса опасности, допустимой повторяемости концентраций заданного уровня, массы веществ, одновременно присутствующих в воздухе. Согласно [4]

* Ольга Сергеевна Токарева (ostokareva@mail.ru); Юрий Михайлович Полищук.

среднегодовые значения ПДК_{с/г} связаны со среднесуточным значением ПДК соотношением

$$\text{ПДК}_{с/г} = a\text{ПДК}, \quad (1)$$

где a — коэффициент, который определяется в зависимости от вещества в интервале значений [0,1–1].

Известно [1], что основными химическими веществами, выбрасываемыми в атмосферу при сжигании попутного газа в факелах на нефтяных месторождениях, являются сажа, оксид углерода и диоксид азота, для которых в соответствии с (1) получаем значения предельно допустимых концентраций, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации веществ в факельных выбросах

Вещество	a	ПДК, мг/м ³	ПДК _{с/г} , мг/м ³
Сажа	0,30	0,05	0,015
Азота диоксид	1,00	0,04	0,04
Углерода оксид	0,34	3,00	1,02

Как видно из табл. 1, ПДК_{с/г} для сажи принимает наименьшее значение, что дает возможность в дальнейшем рассматривать сажу как вещество, оказывающее наибольшее негативное воздействие на растительность. Действительно, забивая дыхательные устья растений [2], сажа вызывает значительные нарушения в функционировании хвойных древесных насаждений. Поэтому далее в статье определение пороговых уровней загрязнения, соответствующих границам зон разного уровня экологического риска, будет проведено по концентрации сажи в атмосфере.

Оценка уровня загрязнения воздуха может быть проведена с использованием комплексного показателя среднегодового загрязнения атмосферного воздуха, введенного в [4] для классификации состояния окружающей среды в терминах «экологического бедствия», «чрезвычайной экологической ситуации» и т.п.

В качестве зоны неприемлемого риска далее будем рассматривать участок территории, в пределах которого значение комплексного показателя среднегодового загрязнения атмосферного воздуха соответствует уровню чрезвычайной экологической ситуации. Определим из [4] значение комплексного показателя среднегодового загрязнения атмосферного воздуха для сажи, равное 8. Переходя согласно (1) к среднесуточным значениям ПДК для выбросов сажи, получим соотношение

$$8 \text{ ПДК}_{с/г} = 8 (0,3 \text{ ПДК}) = 2,4 \text{ ПДК}, \quad (2)$$

из которого следует, что в качестве границы зоны неприемлемого риска для здоровья человека можно принять пороговый уровень загрязнения атмосферного воздуха, равный 2,4 ПДК для сажи.

В связи с вышеизложенным в качестве уровня пренебрежимого риска естественно выбрать пороговый уровень загрязнения, равный ПДК. Соответственно участок территории с пороговым уровнем загрязнения менее ПДК будем считать зоной пренебрежимого риска.

Приемлемым, согласно [3], принимается уровень риска, с которым общество может смириться из-за отсутствия у него необходимых материальных ресурсов для осуществления в полном объеме защитных мероприятий. Зоной приемлемого риска для человека будем считать участок территории с уровнем загрязнения атмосферы в интервале значений от 1 до 2,4 ПДК.

Анализ чувствительности растений к негативным воздействиям

Как показано в [5], существует тесная взаимосвязь между концентрациями элементов в атмосферных аэрозолях и в компонентах биогеоценозов (животные, растения, почвы и т.д.). В [6] представлены результаты исследований воздействия факельных выбросов на темнохвойную растительность (кедр, ель), типичную для среднетаежной зоны Западной Сибири. Исследования проводились в период с 2004 по 2008 г. на территории Приобского нефтяного месторождения, расположенного в центральной части Ханты-Мансийского автономного округа. Определялись показатели охвоенности побегов, изменения массы хвои и другие биоиндикационные показатели состояния древостоев на ключевых участках, расположенных в сходных эколого-фитоценологических условиях на разных расстояниях от факельной установки как источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

На рис. 1, заимствованном из [6], представлены графики, показывающие зависимость количества массы хвои и охвоенности побегов ели сибирской от расстояния до факела.

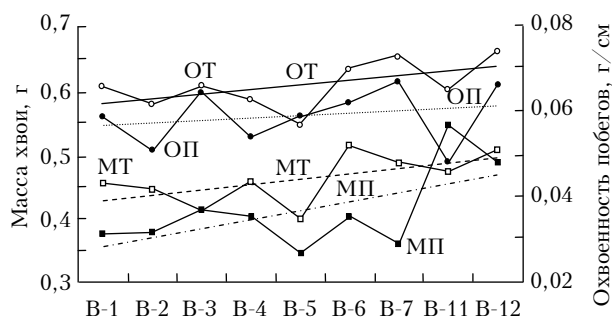


Рис. 1. Зависимость массы хвои и охвоенности побегов ели сибирской от расстояния до источника загрязнения: МТ — масса хвои текущего года; МП — масса хвои прошлого года; ОТ — охвоенность побегов текущего года; ОП — охвоенность побегов прошлого года; В1 — 0,4 км; В2 — 0,7 км; В3 — 1 км; В4 — 1,3 км; В5 — 1,7 км; В6 — 2 км; В7 — 4,5 км; В11 — 8,5 км; В12 — 16,4 км в восточном направлении

Рис. 1 показывает, что масса хвои, как и степень охвоенности, увеличивается по мере удаления от факела.

Представленные в [6] данные о других показателях состояния ели сибирской и кедра являются иллюстрацией чувствительности растений к уровню атмосферного загрязнения.

Известно [1, 7], что большинство видов растений более чувствительны к воздействию вредных факторов, чем человек. При этом разные виды растений отличаются различной степенью чувствительности к негативным воздействиям. Так, согласно [1] таксономические группы растений по степени чувствительности к воздействию фитотоксичных газов располагаются в следующем порядке: мхи, лишайники и грибы; хвойные древесные породы; лиственные древесные породы; травянистые растения. Необходимо отметить, что экологические нормативы качества атмосферного воздуха по уровню химического загрязнения носят рекомендательный характер и в настоящее время определены не для всех загрязняющих веществ. В нашей работе чувствительность групп растений определялась с учетом экологических нормативов, рекомендуемых сотрудниками Научно-исследовательского института охраны атмосферного воздуха [8].

На основе вышеизложенного предлагается для оценки экологического риска использовать следующие величины коэффициентов чувствительности (по отношению к человеку): травянистая растительность — 1,0; мелколиственный лес — 0,75; хвойный лес — 0,5. Заметим, что чем выше чувствительность, тем меньшие концентрации загрязняющих веществ вызывают нарушение функционирования соответствующих видов растительности. С учетом указанных коэффициентов чувствительности определены пороговые уровни загрязнения атмосферы, соответствующие границам трех зон экологического риска (табл. 2).

Таблица 2

Пороговые уровни загрязнения атмосферы для разных видов растительных сообществ

Уровень экологического риска	Уровень загрязнения атмосферы, в долях ПДК		
	хвойный лес	мелколиственный лес	травянистая растительность
Неприемлемый	> 1,2	> 1,8	> 2,4
Приемлемый	1,2–0,5	1,8–0,75	2,4–1
Пренебрежимый	< 0,5	< 0,75	< 1

Уровень загрязнения атмосферы, например, для границы зоны неприемлемого риска для травянистой растительности, в соответствии с табл. 2, как и для человека, соответствует 2,4 ПДК, для мелколиственного леса — 1,8 ПДК, для хвойных лесов — 1,2 ПДК.

Картографическое отображение зон экологического риска

Наиболее удобным способом отображения уровней экологических рисков является картографирование зон экологического риска. При этом для учета разной чувствительности различных видов растений необходима информация о пространственной структуре растительного покрова на территории в зоне

воздействия источника загрязнения, т.е. информация о расположении и размерах (площадах) различных растительных комплексов. Пространственная структура растительного покрова определялась на основе дешифрирования космических снимков территории в соответствии с методикой, изложенной в [1].

Картосхемы зон экологического риска негативного воздействия загрязнения атмосферного воздуха могут быть построены с использованием контуров зон загрязнения атмосферы, определяемых на основе методики [9] с использованием данных об объемах выбрасываемых из факельной установки веществ. При построении указанных картосхем экологического риска воздействия сжигания попутного газа в факелах учитывается чувствительность различных растительных сообществ к загрязнению атмосферы.

Для иллюстрации ниже приведены результаты картографирования зон экологического риска на участке нефтедобывающей территории, находящейся в зоне воздействия Приобского месторождения — одного из крупных месторождений Ханты-Мансийского автономного округа. Добыча нефти на этом месторождении постоянно увеличивается, при этом в факелах сжигается ежегодно до 2–3 млрд м³ попутного газа.

Были использованы космические снимки со спутника Landsat-7 (пространственное разрешение 30 м). В результате дешифрирования космического снимка определены следующие растительные комплексы: хвойные насаждения (ель, пихта, кедр, сосна), мелколиственный лес (береза, осина, кустарники), травянистая растительность, водные объекты, открытые (без растительности) поверхности и объекты инфраструктуры. На рис. 2 приведена карта пространственной структуры растительного покрова в зоне влияния газовых факелов на Приобском месторождении, представляющая перечисленные выше комплексы, на которую наложены границы зон различного уровня (в долях ПДК) загрязнения атмосферного воздуха сажей. Границы зон загрязнения определялись по методике [9] с учетом среднегодовой розы ветров и данных об объемах факельных выбросов, полученных из экологического паспорта Приобского месторождения.

Результат картографического представления оценки экологического риска воздействия загрязнения атмосферы выбросами из факельных установок на территории Приобского месторождения дан на рис. 3, где представлены обобщенные зоны разного уровня экологического риска, полученные путем объединения частных зон для травянистой растительности, хвойных и мелколиственных насаждений в соответствии с табл. 2.

Черным цветом на рис. 3 изображена обобщенная зона неприемлемого риска, серым цветом — зона приемлемого риска и светло-серым — зона пренебрежимого риска. Белым цветом отмечены участки суши и водные объекты, для которых риск не оценивался в связи с отсутствием растительности.

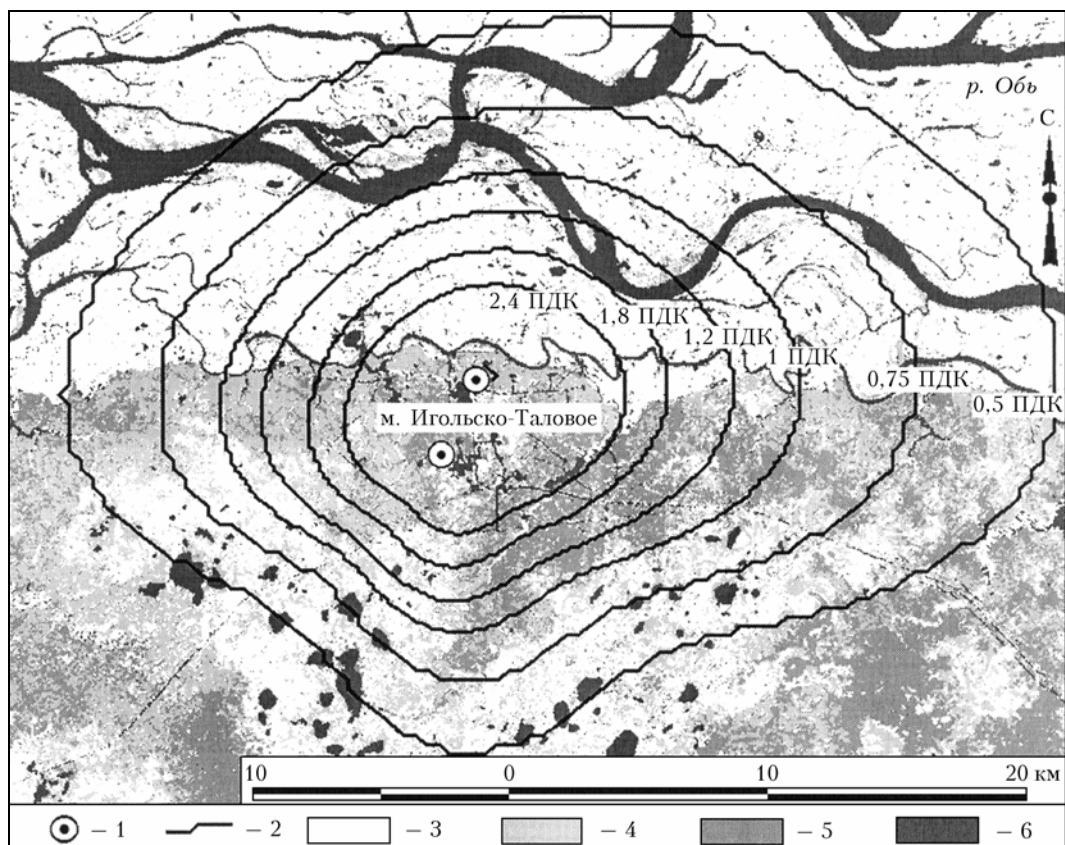


Рис. 2. Наложение границ зон загрязнения атмосферы факельными выбросами на карту чувствительности растительных сообществ на Приобском месторождении: 1 – факелы; 2 – границы зон загрязнения; 3 – травянистая растительность; 4 – мелколиственный лес; 5 – хвойный лес; 6 – водные и антропогенные объекты

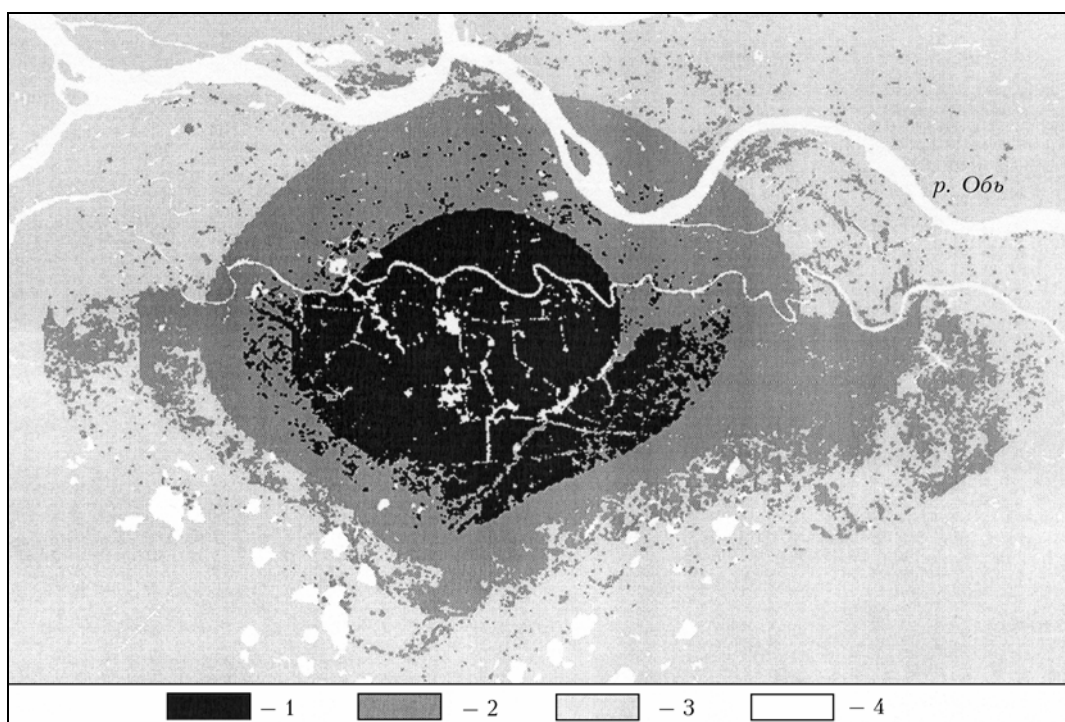


Рис. 3. Картограмма зон экологического риска для территории в зоне воздействия сжигания газа в факелах на Приобском месторождении. Риски: 1 – неприемлемый, 2 – приемлемый, 3 – пренебрежимый, 4 – участки суши без растительности и водные объекты, риск не оценивался

Пятна зон приемлемого и неприемлемого экологического риска на рис. 3 обусловлены «пятнистой» структурой растительного покрова.

Заключение

В статье рассмотрены вопросы определения уровней неприемлемого, приемлемого и пренебрежимо малого экологического риска воздействия атмосферного загрязнения на растительный покров нефтедобывающих территорий, вызванного сжиганием попутного газа на нефтяных месторождениях. Оценка экологического риска проводится с учетом различной чувствительности к химическому загрязнению атмосферы разных видов растительности. Предложено определять уровень неприемлемого риска на основе «критерия чрезвычайной экологической ситуации».

Приведен пример определения зон экологического риска воздействия загрязнения атмосферы на растительный покров на территории Приобского нефтяного месторождения.

1. *Ерохин Г.Н., Копылов В.Н., Полищук Ю.М., Токарева О.С.* Информационно-космические технологии в задачах экологического анализа воздействий нефтедобычи на природную среду. Новосибирск: Изд-во ГПНТБ СО РАН, 2003. 98 с.
2. *Полищук Ю.М., Токарева О.С., Булгакова И.В.* Оценка воздействия нефтедобычи на лесоболотные экосистемы с использованием космоснимков среднего разрешения // Сиб. экол. ж. 2005. № 1. С. 3–11.

3. *Осипова Н.А.* Техногенные системы и экологический риск. Томск: Изд-во Томского политехн. у-та, 2005. 112 с.
4. *Критерии* оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Методика Министерства природных ресурсов РФ от 30 ноября 1992 г. // Предпринимательское право. Законодательство РФ и Москвы. 2010. URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_10592.html (дата обращения: 04.01.2010).
5. *Савченко Т.И., Чанкина О.В., Попова С.А., Куценко К.П.* Связь элементного состава атмосферных аэрозолей и компонентов биогеоценоза // Оптика атмосф. и океана. 2010. Т. 23, № 7. С. 620–625.
6. *Кокорина Н.В., Касаткин А.М., Полищук Ю.М.* Биомониторинг атмосферного загрязнения при сжигании попутного газа в факелах на нефтяных месторождениях в среднетаежной зоне Западной Сибири // Вестн. ТюмГУ. 2009. № 3. С. 63–70.
7. *Закарин Э.А., Миркаримова Б.М., Дедова Т.В.* Геоинформационные модели атмосферного загрязнения Арало-Каспийского региона Казахстана. Алматы: Изд-во «СаJa», 2007. 108 с.
8. *Коплан-Дикс В.А., Алехова М.В.* К вопросу разработки экологических нормативов качества атмосферного воздуха. Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха, 2009. URL: <http://www.nii-atmosphere.ru/files/stKDiks.htm> (дата обращения 02.12.2009).
9. *Полищук Ю.М., Токарева О.С.* Геоимитационное моделирование зон атмосферного загрязнения в результате сжигания газа на нефтяных месторождениях // Информационные системы и технологии. 2010. № 2-585. С. 39–46.

O.S. Tokareva, Yu.M. Polischuk. Assessment of environmental risk of pollution air impact on vegetation.

Problems of environmental risk assessment of impact on vegetation caused by point sources of chemical air pollution are considered. The risk assessment is based on using criterion of environmental emergency situation with accounting for sensitivity of different vegetative ecosystems to air pollution and peculiarities of the vegetation cover spatial structure, which is determined on the base of space images. Mapping of environmental risk zone is illustrated by gas burning impact on vegetation cover at the territory of Priobskoye oil field in West Siberia.