

ОЦЕНКА ВКЛАДА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ ГОРОДА ШЕЛЕХОВА В ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГЕОСИСТЕМЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ОЛХИ

© 2009 Е.В. Кучменко¹, М.С. Зароднюк¹, О.А. Балышев¹, Е.В. Чипанина²,
И.В. Томберг², Л.М. Сороковикова², Н.А. Онищук²

¹ Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск

² Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

Определение вкладов источников выбросов в загрязнение точек-рецепторов предлагается выполнять с помощью современных методов обработки данных наблюдений за химическим составом снежного покрова и поверхностных вод. Анализируется возможность применения методов рецепторного моделирования, в частности, рассматривается подход, основанный на изучении химических «отпечатков пальцев». Приводятся результаты определения вкладов крупного теплоисточника в загрязнение окружающей среды на примере промышленной зоны г. Шелехова.

Ключевые слова: промышленная зона, загрязнение геосистемы, рецепторное моделирование

Сложившаяся в России практика природоохранной деятельности подразумевает работу с крупными промышленными предприятиями, а контроль осуществляется за выбросами в атмосферу и сбросами сточных вод в водоемы. В середине 90-х годов были проанализированы данные Ежегодников Главной геофизической обсерватории за 1988 и 1992 годы [1]. Рассматривалась ситуация более чем в 30 городах в различных регионах страны. Согласно данным официальной статистики, представленной в Ежегодниках, выбросы

по некоторым веществам сократились на 50-70%, однако повторяемость и величина превышений ПДК этих поллютантов по данным, зафиксированным на постах Гидрометслужбы, не изменилась! Этот парадокс можно объяснить следующими причинами: роль крупных стационарных источников выбросов в формировании поля приземных концентраций была преувеличена, а расчет выбросов крупных объектов промышленности и энергетики проводился с учетом установленной мощности предприятия, а не реальной; в период 1988 по 1992 гг. значительно возросло количество автотранспорта и, соответственно, увеличился его выброс.

Выполнявшиеся ранее исследования показали, что вклад крупной ТЭЦ в формирование качества воздуха г. Иркутска составляет всего 1-9%, в то время как вклад котельных варьирует от 15 до 30%. Вклад печного обогрева частных домов, который не учитывается в статистических данных по выбросам, составляет от 40 до 95% [2]. В связи с этим при оценке влияние отдельных факторов на состояние атмосферы, водосборных бассейнов и качества воды водотоков необходимо иметь достоверную информацию об источниках загрязнения. Неверная оценка роли отдельных факторов, определяющих состояние

Кучменко Екатерина Васильевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник. E-mail: kuch@isem.sei.irk.ru

Загороднюк Максим Сергеевич, научный сотрудник. E-mail: max@isem.sei.irk.ru

Балышев Олег Анатольевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: balyshev@isem.sei.irk.ru

Чипанина Елена Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. E-mail: yelena@lin.irk.ru

Томберг Ирина Викторовна, кандидат географических наук, научный сотрудник. E-mail: kaktus@lin.irk.ru

Сороковикова Лариса Михайловна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник. E-mail: lara@lin.irk.ru

Онищук Наталья Анатольевна, научный сотрудник. E-mail: onischuk@lin.irk.ru

природных геосистем, приводит к неэффективной природоохранной стратегии.

Использование методик, базирующихся на принципах химических «отпечатков пальцев» (finger-prints), позволяет установить реальный вклад отдельных источников - предприятие, город, страна - в загрязнение среды в данной точке-рецепторе [3, 4]. Этот метод основан на анализе химического состава загрязнения в точке-рецепторе, при котором вклады отдельных источников выявляются по соотношению заданного набора соединений. Для этого требуется располагать детальными сведениями о химическом составе выбросов всех потенциально влияющих источников. В англоязычной литературе, посвященной охране природы, сформировался устойчивый термин, который употребляется без кавычек и является ключевым словом при проведении литературных поисков. Идентификация выбросов, путем снятия химических «отпечатков пальцев» (chemical fingerprinting), рассматривается как новое направление при разработке методического обеспечения охраны воздушного бассейна [5]. Необходимость в использовании «отпечатков пальцев» возникает, в первую очередь, при оценке скорости поступления загрязняющих веществ от автотранспорта (неопределенности в скорости поступления CO и NOx достигают 30-40 % [6]), неорганизованных источников и аварийных выбросов.

Общая характеристика источников загрязнения и состояния исследуемой геосистемы. Для апробации предложенной методики «отпечатков пальцев» и локальной идентификации источников загрязнения в качестве модельного объекта был выбран г. Шелехов. Город расположен на водосборе реки Олхи в 20 км к юго-западу от г. Иркутска и в 65 км к северо-западу от оз. Байкал. Производственная и жилая зоны города находятся на относительно ровной местности, вне влияния крупных водоемов. Основными стационарными источниками антропогенных выбросов (до 95%) являются алюминиевый завод (Иркутский алюминиевый завод Сибирско-Уральской алюминиевой компании – ИркАЗ СУАЛ) и ТЭЦ (см. табл. 1). На рассматриваемой территории отсутствуют мелкие отопительные котельные.

Таблица 1. Соотношение веществ-индикаторов в выбросах предприятий Шелеховской промышленной зоны, %

Вещества-индикаторы	ТЭЦ	ИркАЗ СУАЛ
пыль неорганическая	38	33
оксид углерода	1	59
диоксид серы	33	1
фтористый водород		2
твердые фториды		5

Как известно, ландшафты, находящиеся в одном бассейне стока на разных гипсометрических уровнях, связаны потоками веществ, движущихся от более высоких уровней к более низким. Все вещества, попавшие в геосистему в ходе производственного процесса, не вывезенные с продукцией, не унесенные за ее пределы ветровыми потоками и не связанные в почве, оказываются в геохимически подчиненной части ландшафта и накапливаются в донных отложениях, либо выносятся с водами реки. При оценке баланса вещества в геосистеме, испытывающей интенсивное антропогенное воздействие, особое внимание уделяется его выносу с поверхностными водотоками, которые являются замыкающим звеном геохимической миграции вещества в каскадном ландшафте [7, 8]. Для получения комплексной оценки загрязнения рассматриваемой геосистемы выполнены исследования химического состава вод р. Олхи в районе промышленной зоны г. Шелехова.

Река Олха, протекающая по юго-западной части территории Иркутско-Черемховской равнины, с 1962 г находится под интенсивным влиянием промышленного комплекса. Источниками, влияющими на состав воды реки являются: дренажный сток золоотвала ТЭЦ; неорганизованные хозяйственно-бытовые сбросы садоводств, расположенных выше по долине реки; выходы минеральных вод. На алюминиевом заводе применяется замкнутая система водооборота, так что непосредственных сбросов сточных вод в Олху на предприятии нет, однако на территории промышленной площадки и в зоне воздействия прудов-отстойников происходит загрязнение подземных вод [9], а в период снеготаяния – поверхностный смыв загрязняющих веществ в реку.

Материалы, методы и модели. Долгие годы для оценки негативного химического воздействия различных предприятий на атмосферу и водные объекты применялись методики, основанные на решении прямой задачи переноса примеси от источника загрязнения, характеристики которого считаются известными. Основным способом решения прямой задачи являются гидродинамические модели рассеивания. Основу гидродинамических моделей такого рода составляет уравнение переноса (баланса) примеси, которое имеет вид [10]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z}\right) + Q - R, \quad (1)$$

где C – концентрация примеси; Q и R – соответственно скорости притока и стока примеси; u , v , w – компоненты вектора скорости движения среды. Непосредственное решение (1) возможно только с помощью численных методов, однако путем введения ряда упрощающих допущений можно получить аналитическое решение.

Как уже было отмечено ранее, отсутствие полной и достоверной информации как о количестве и составе выбросов, так и об условиях переноса и рассеивания примеси в турбулентном потоке возникает настоятельная необходимость решения обратной задачи. С точки зрения применяемого математического аппарата, для решения задачи определения вкладов используется метод наименьших квадратов в многомерном пространстве. Для рассматриваемой задачи было получено матричное уравнение

$$Q^T Q x = Q^T M, \quad (2)$$

где Q – матрица относительного содержания индивидуальных веществ-индикаторов в выбросах или сбросах источников различных типов, Q^T – транспонированная матрица Q , M – вектор относительного содержания индикаторов в точке-рецепторе. Вектор x содержит искомые вклады

различных типов источников в загрязнение снежного покрова, почвы, воды или любой другой среды в данной точке. Задача решается аналитически

$$x = (Q^T Q)^{-1} Q^T M, \quad (3)$$

Результаты исследований. Апробация методов химических «отпечатков пальцев» была выполнена при комплексном анализе загрязнения промышленной зоны г. Шелехова. Для полной и объективной характеристики поля выпадений в 2007-2008 гг. было отобрано около 30 проб снежного покрова по 8 направлениям розы ветров (по 3 пробы на каждом направлении). Кроме того, в течение 2008 г. в разные гидрологические фазы отбирались пробы воды в реке Олхе в трех створах (см. рис. 2).

Для расчета доли вкладов исследуемых источников выбросов в загрязнение снежного покрова по формуле (3) в качестве исходных данных используются соотношения веществ индикаторов в составе выбросов (Q -матрица выбросов). Соотношение веществ индикаторов для источников г. Шелехова приведено в Таблице 2 [11]. Соотношение веществ индикаторов в точках-рецепторах определено по данным снегосъемки (M – матрица выпадений). В результате решения задачи с использованием стандартного программного обеспечения MAPLE-11 были определены доли вкладов источников выбросов в загрязнение снежного покрова (рис. 1.)

Таблица 2. Соотношение ионов, характерное для различных источников выбросов (Q , доли)

Источники	F-	Ca ₂₊	SO ₄ ²⁻
ИркАЗ СУАЛ	2	0,01	1,0
ТЭЦ	0,001	0,66	1,0

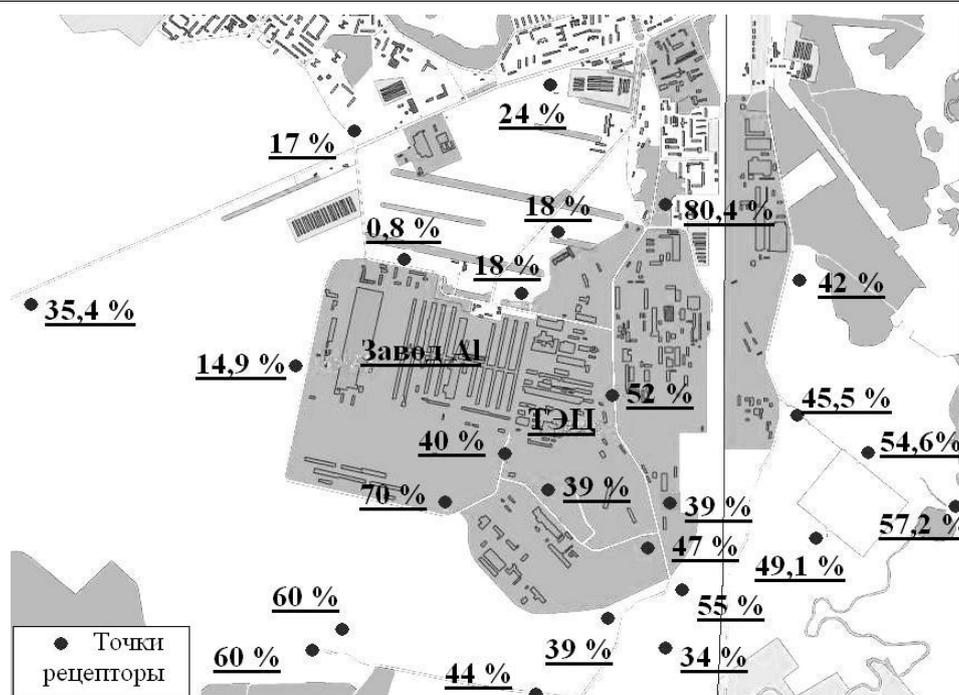


Рис. 1. Идентификация вклада ТЭЦ в загрязнение территории, примыкающей к промышленной зоне г. Шелехова

Как видно из рисунка 1, в среднем по промышленной зоне вклад ТЭЦ в загрязнение снежного покрова составляет 40,7% - от 0,8% к северу от ИркаЗа (около проходной) до 60-70 % на расстоянии 2,5-3 км от завода. При использовании различных методик определения вклада, расхождение составляет около 5%, что позволяет характеризовать их достоверность и точность, высокую для подобного рода задач [12].

Для идентификации источников загрязнения вод реки необходим относительный состав исследуемых сбросов (матрица Q в формуле (3)). Соотношение веществ индикаторов для источников загрязнения Олхи приведено в таблице 3. Состав дренажного сброса с золоотвала был определен по данным прямых замеров. Соотношение ионов-индикаторов в поверхностном стоке с территории промышленной зоны определялся на основании анализа состава снеговых вод.

Таблица 3. Источники загрязнения (Q, доли)

Источники	Al	Mn	F
дренажный сброс с золоотвала	0,84	6,23	92,93
поверхностный сток	99,5	0,5	358,60

В качестве точек рецепторов рассматривались три створа рек Олхи (рис. 2). Створ №1 – условно фоновый (17 км южнее г. Шелехова), створ №2 – 3,5 км от промышленной зоны, створ №3 – 1,5 км от факелов промзоны, створ №4– дренажный ручей золоотвала ТЭЦ. Матрица загрязнения точек рецепторов представлена в таблице 4.

Таблица 4. Соотношение индикаторов в створах р. Олхи (M,%)

Элементы	Створ №1	Створ №2	Створ №3
Al	21,04	9,67	6,20
Mn	4,26	9,63	13,77
F	74,71	80,70	80,03

В результате решения задачи с использованием стандартного программного обеспечения MAPLE-11 были определены доли вкладов источников антропогенного воздействия в загрязнение вод реки в точках рецепторах (рис. 2.)

Наша задача осложнялась тем, что в р. Олху на участке (п. Рассоха - п. Олха) поступают природные высокоминерализованные воды с повышенными концентрациями компонентов, которые также являются

индикаторами загрязнения от объектов энергетики. Результаты расчетов (рис. 2) показали, что вклад индикаторов сбросов объектов энергетики начинает увеличиваться в створе (пос. Олха) и достигает максимума в створе №3 – после поступления дренажных вод с золоотвала.



Рис. 2. Доли вкладов ТЭЦ, в загрязнение вод реки в точках рецепторах

Выводы:

1. Для реализации поставленной задачи был применен подход химических «отпечатков пальцев». Важно, что при анализе «отпечатков» отпадает необходимость в знании абсолютных величин выбросов, сбросов и выпадений. В идеальном случае достаточно иметь представление об относительной концентрации загрязнителей в выбросах и сбросах источников различных типов. Определены вклады источников

выбросов в загрязнение снежного покрова, которое является индикатором загрязнения атмосферы. При анализе источников загрязнения поверхностного водотока (реки Олхи) было определено, что прямые сбросы ИркаЗа в реку Олху отсутствуют; его воздействие на загрязнение геосистемы осуществляется воздушным путем, а также путем загрязнения подземных вод и поверхностного стока.

2. Поскольку река Олха характеризуется повышенным уровнем естественной минерализации, в ходе дальнейших исследований следует оценить соотношение веществ-индикаторов в природных источниках подземных вод и определить доли вклада природных и антропогенных факторов, определяющих состав речных вод.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 08-05-98058р-сибирь-а и 08-08-00100а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России. 1994 год // С-Пб: ГГО им. Воейкова, 1995. – 280 с.
2. *Беляев, Л.С.* Моделирование рассеивания выбросов от объектов энергетики в атмосфере г. Иркутска. Отчет ИСЭМ СО РАН по проекту ТАСИС / *Л.С. Беляев, А.В. Кейко, Р. Саркар, С.П. Филиппов* // Иркутск., 1996. – 95 с.
3. *Gordon, G.E.* Receptor models. Critical review // *Environ. Sci. Technol.* – 1988. – Vol. 22, № 10. – P. 1132-1142.
4. *Hopke, P.K.* An introduction to receptor modeling // Elsevier science Publishers. Amsterdam. – 1991. – 20 p.
5. *Peters, J.* New Directions: Fugitive emissions identified by chemical fingerprinting / *J. Peters, A. Stephens* // *Atmospheric environment.* – 2001. – V.35, N 7. – P. 1347-1348.
6. *Slemr, F.* Evaluation of Modeled Spatially and Temporarily Highly Resolved Emission Inventories of Photosmog Precursors for the City of Augsburg: The Experiment EVA and Its Major Results / *F. Slemr, G. Baumbach, P. Blank et al.* // *Journal of Atmospheric Chemistry.* – 2002. – V.42. – P. 207-233.
7. *Industrial metabolism: Restructuring for Sustainable Development.* Edited by *R.U. Ayres and U. E. Simonis* // Tokyo: The United Nations University, 1994. – 390 p.

8. Глазовская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР // М.: «Высшая школа», 1988. – 145 с.
9. Ланкин, Ю.К. «Информационный бюллетень о состоянии недр Сибирского федерального округа за 2007 г. (Иркутская область)». Выпуск X / Ю.К. Ланкин, Т.Е. Лунева, Т.А. Серебренникова, А.Е. Овчинникова // Иркутск: Иркутский территориальный центр государственного мониторинга геологической среды ФГУНППГП «Иркутскгеофизика», 2008. – 168 с.
10. Prinn, R.G. Tropospheric chemical models // Proc. Int. Sch. Phys. "Enrico Fermi", 1990 (pub. 1992), 115th (Use of EOS for studies of atmospheric physics). – P.65-76.
11. Зароднюк, М.С. Восстановление полей загрязнения методами рецепторного моделирования на примере пос. Хомутово. / М.С. Зароднюк, Е.В. Кучменко, Е.В. Моложникова, И.И. Маринайте, О.Г. Нецветаева // Оптика атмосферы и океана. – 2006. - №19(6). – С. 557-561.
12. Кучменко, Е.В. Идентификация источников выбросов загрязняющих веществ методами рецепторного моделирования. Препринт. / Е.В. Кучменко, О.А. Бальшев, М.С. Зароднюк, Е.В. Чипанина // Препринт.– Иркутск: ИСЭМ СО РАН. – 2007. – 65 с.

ESTIMATION OF THE CONTRIBUTION OF AN INDUSTRIAL PARK OF SHELEKHOV CITY IN POLLUTION OF GLEN RIVER OLHA GEOSYSTEM

© 2009 E.V. Kuchmenko¹, M.S. Zarodnyuk¹, O.A. Balyshev¹, E.V. Chipanina²,
I.V. Tomberg², L.M. Sorokovikova², N.A. Onischuk²

¹ Institute of Power Systems named by Melentyev SB RAS, Irkutsk

² Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

Definition of contributions of emissions sources in pollution of points-receptors is offered to be carried out by means of modern methods of data processing of observation over a chemical compound of a snow mantle and surface waters. The opportunity of application of methods receptors modelling is analyzed, the approach based on studying chemical «prints of fingers», in particular, is considered. Results of definition of large heat source contributions in environmental pollution on an example of an industrial park of Shelekhov are resulted.

Key words: industrial park, pollution of geosystem, receptors modelling

Ekaterina Kuchmenko, Candidate of Geography, Senior Research Fellow. E-mail: kuch@isem.sei.irk.ru
Maxim Zagorodnyuk, Research Fellow. E-mail: max@isem.sei.irk.ru

Oleg Balyshev, Doctor of Technical Sciences, Chief Research Fellow. E-mail: balyshev@isem.sei.irk.ru
Elena Chipanina, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow. E-mail: yelena@lin.irk.ru
Irina Tomberg, Candidate of Geography, Research Fellow. E-mail: kaktus@lin.irk.ru

Larisa Sorokovikova, Candidate of Geography, Senior Research Fellow. E-mail: lara@lin.irk.ru
Natalya Onischuk, Research Fellow. E-mail: onischuk@lin.irk.ru