

В.К. Аргучинцев, В.Л. Макухин

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЯ*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск*

Поступила в редакцию 03.03.99 г.

Принята к печати 30.03.99 г.

На основе трехмерной нелинейной нестационарной модели распространения и трансформации примесей приведены численные эксперименты, характеризующие процессы переноса и диффузии суммы углеводородов от автотранспорта и предприятий Иркутско-Черемховского промышленного комплекса, Слюдянки, Байкальска, Селенгинска, Улан-Удэ и Гусиноозерска.

Необходимость изучения процессов распространения углеводородов, выбрасываемых промышленными предприятиями, вызвана их неблагоприятным воздействием на людей и окружающую среду. Многие углеводороды при поступлении с вдыхаемым воздухом оказывают токсическое, канцерогенное, мутагенное, тератогенное и аллергенное действия [1, 2].

Инструментальные измерения распределения отдельных углеводородов в регионе оз. Байкал начаты лишь недавно. В [3] на основе данных загрязнения снежного покрова окрестностей г. Иркутска полиароматическими углеводородами проведен анализ зависимости скорости их накопления от климатических характеристик, в частности от повторяемости направлений ветра на высотах более 100 м.

Выбранный в данной работе метод исследования – математическое моделирование – позволил получить информацию о пространственных полях концентраций суммы углеводородов в атмосфере Южного Байкала, рассчитать турбулентные потоки загрязняющих веществ в приводном слое и оценить вклад выбросов групп предприятий в загрязнение озера. Для численных расчетов использовалась трехмерная нелинейная нестационарная модель переноса и трансформации примесей [4]. Рассматривалось распространение углеводородов от стационарных источников и автотранспорта. Учитывались выбросы предприятий Иркутско-Черемховского промышленного комплекса, Слюдянки и Байкальска, Улан-Удэ, Селенгинска и Гусиноозерска. Суммарные мощности источников выбросов, взятые из работы [5], приведены в табл. 1.

Моделирование процессов распространения примесей проводилось в области площадью 500×250 км и высотой 3 км над поверхностью оз. Байкал. Рельеф рассматриваемого региона был снят с топографических карт масштаба 1:100000. Шаги по времени и горизонтали составляли соответственно 150 с и 5 км, шаги по вертикали задавались следующим образом:

$$\Delta z = \begin{cases} 20 \text{ м} & \text{для } z \leq 200 \text{ м} \\ 300 & 200 < z \leq 500 \\ 500 & 500 < z \leq 1000 \\ 1000 & z > 1000. \end{cases}$$

Коэффициенты турбулентной диффузии рассчитывались с использованием соотношений полуэмпирической теории турбулентности [6].

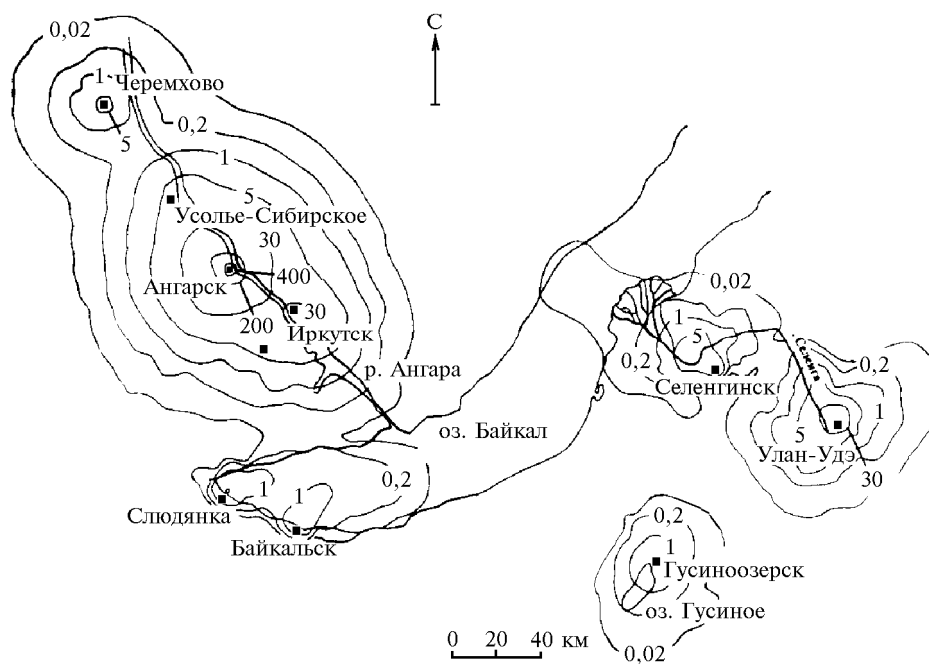
Таблица 1

Параметры источников выбросов углеводородов в регионе Южного Байкала

Источник выбросов	Интенсивность, г/с
Черемхово	13
Усолье-Сибирское	41
Ангарск	1524
Шелехов	13
Иркутск	142
Слюдянка	6
Байкальск	6
Селенгинск	35
Гусиноозерск	16
Улан-Удэ	108

Численные эксперименты были выполнены для весенне-зимнего периода, месяцами-представителями которого можно принять декабрь и апрель [7]. Метеорологическая ситуация в декабре определяется установлением сибирского антициклона, в долине Ангары отмечается тихая безветренная погода, а в районе Южного Байкала возникают ветры с сильной муссонной составляющей, направленной с суши на озеро.

На рисунке представлены изолинии поля рассчитанных приземных концентраций углеводородов в декабре. Малоградиентное барическое поле препятствует выносу загрязняющих веществ по долине Ангары на Байкал, примеси концентрируются преимущественно вблизи промышленных центров. Наиболее интенсивные турбулентные потоки углеводородов на зеркало озера, достигающие 500–650 мкг/(м²·сут), получены в районе населенных пунктов Слюдянка и Байкальск (табл. 2). Значительно меньшие их величины [80–110 мкг/(м²·сут)] имеют место в приводном слое в результате выбросов предприятий и автотранспорта Селенгинска, что связано с их удаленностью от Байкала. Средняя интенсивность турбулентного потока в приводном слое на площади 9000 км² составила 70,5 мкг/(м²·сут).



Изолинии рассчитанных приземных концентраций углеводородов в декабре, мкг/м³

Таблица 2

Расчетные величины интенсивностей потоков суммы углеводородов в декабре и апреле на зеркало оз. Байкал, мкг/(м² · сут)

Группа предприятий	Интенсивность потоков на различных участках озера					
	1	2	3	4	5	6
	Декабрь					
Все источники	314–651	42–232	10–11	67–105	0,7–3,3	70,5
ИЧ	<0,01	<0,01	1,1–1,2	<0,01	<0,01	0,1
СУ	<0,01	<0,01	<0,01	67–105	<0,01	14,8
СБ	314–651	42–232	9–10	<0,01	0,7–3,3	55,6
	Апрель					
Все источники	1108–1962	1064–2199	2–5	170–414	0,9–2,8	147,8
ИЧ	0,01	0,03–0,1	0,7–1,4	<0,01	<0,01	0,1
СУ	<0,01	<0,01	<0,01	170–414	<0,01	27,5
СБ	1108–1962	1064–2199	1,2–3,2	<0,01	0,9–2,8	120,2

Для оценки вклада выбросов каждой группы предприятий (Иркутско-Черемховский промышленный узел, Слюдянка и Байкальск, Улан-Удэ и Селенгинск) в загрязнение озера были проведены модельные расчеты с действующими источниками выбросов указанных промышленных комплексов по отдельности и рассчитаны турбулентные потоки на поверхность озера. Результаты приведены в табл. 2.

В первой колонке табл. 2 перечислены группы источников выбросов (ИЧ – Иркутско-Черемховский промышленный узел, СУ – промышленные комплексы Селенгинска и Улан-Удэ, СБ – предприятия и автотранспорт Слюдянки и Байкальска), работающие при условии, что остальные группы в данное время примеси не выбрасывают. Колонки со второй по шестую содержат расчетные величины интенсивностей турбулентных потоков в различных участках приподнятого слоя озера: во второй они приведены для района, находящегося в 5–11 км от Слюдянки; в третьей – в 5–11 км от Байкальска; в четвертой – в 5 км от истока Ангары; в пятой – в 5–11 км от мыса Средний (дельта Селенги); в шестой – в 5 км от Танхой. Седьмой столбец содержит средние значения интенсивности по Южному Байкалу на площади 9000 км².

Разрушение в конце зимы сибирского антициклона способствует прохождению по Приангарью атлантических циклонов, вызывающих рост скоростей ветра преимущественно северо-западного направления, достигающих максимальных значений в апреле – мае [7]. В районе Южного Байкала происходит ослабление ветра. Вблизи промышленных центров в долине Ангары концентрации углеводородов в апреле уменьшаются по сравнению с декабрем.

Анализ результатов численных экспериментов показал, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы над Южным Байкалом углеводородами вносят предприятия и автотранспорт Слюдянки и Байкальска. Влияние Селенгинска значительно меньше. Выбросы углеводородов Иркутско-Черемховского промышленного комплекса, Улан-Удэ, Гусиноозерска вследствие удаленности, наличия высоких орографических препятствий и относительно небольшой высоты источников практически существенного влияния на Байкал не оказывают. Моделирование при аналогичных метеорологических условиях распространения пыли, соединений серы и азота, выбрасываемых промышленными предприятиями

Приангарья (в том числе из высоких – до 350 м – труб), показало, что при северо-западном ветре влияние Иркутско-Черемховского промышленного узла более значительно [4, 7, 8].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект N 98-05-64021, и гранта Минобразования РФ N 97-0-13.3-12.

1. *Грушко Я.М.* Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. Л.: Химия, 1986. 208 с.
2. *Бретишайдер Б., Курфюрст И.* Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль. Л.: Химия, 1989. 288 с.

3. *Рапута В.Ф., Ходжер Т.В., Горшков А.Г., Куценогий К.П.* // Оптика атмосферы и океана. 1998. Т. 11. N 6. С. 650–653.
4. *Аргучинцев В.К., Макухин В.Л.* // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. N 6. С. 804–814.
5. *Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 1996 году / Гл. ред. Ю.Н. Удодов.* Иркутск: Гос. комитет по охране окруж. среды Иркутской области, 1997. 231 с.
6. *Аргучинцев В.К., Макухин В.Л.* // Оптика атмосферы и океана. 1998. Т. 11. N 6. С. 594–597.
7. *Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В., Макухин В.Л.* // География и природные ресурсы. 1995. N 1. С. 152–158.
8. *Аргучинцев В.К., Куценогий К.П., Макухин В.Л. и др.* // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. N 6. С. 598–604.

V.K. Arguchintsev, V.L. Makukhin. **Simulation of Hydrocarbons Propagation in Boundary Layer of the Atmosphere of South Baikal Region.**

On the base of three-dimensional non-linear model of admixtures distribution and transformation, numerical experiments characterizing the hydrocarbons emissions from transport and from the plants of Irkutsk-Cheremkhovo industrial complex, Slyudyanka, Baikalsk, Selenginsk, Ulan-Ude and Gusinoozyorsk, were carried out.