

А.В. Аргучинцева

КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ СЕЛЕНГИНСКОГО ЦЕЛЛЮЛОЗНО-КАРТОННОГО КОМБИНАТА (СЦКК)

Математическое моделирование распределения атмосферных аэрозолей основывается на стохастическом подходе описания климатических характеристик рассматриваемых регионов в виде многомерных функций плотности вероятности реализации конкретного метеоконтекста. Эти характеристики замыкают дифференциальное уравнение, описывающее перенос и турбулентную диффузию загрязняющего вещества. Приводятся примеры расчетов, оценивающих вклад конкретных промышленных источников в загрязнение атмосферы в районе Байкала.

Озеро Байкал – уникальная самоорганизующая экосистема, не требующая вмешательства внешних факторов. Любые непродуманные грубые действия человека могут привести к постепенным нарушениям устойчивости функционирования этой экосистемы. Если же антропогенная нагрузка достигнет своего критического предела, то наступит бифуркационный период, порождающий целый континуум новых устойчивых положений равновесия, дальнейший выбор системой одного из которых непредсказуем [1].

Вот почему так важно тщательно проанализировать необходимость существования промышленных предприятий в непосредственной близости Байкала, возможность репрофилирования некоторых уже действующих на более шадящие производства, а в ряде случаев – их полного закрытия. Естественно, что для принятия таких серьезных решений надо иметь четкое представление о выбросах в атмосферу, реки и почву отходов производства и условиях их рассеивания.

В данной статье предпринята попытка смоделировать распределение загрязняющих ингредиентов, выбрасываемых только в атмосферу источниками Селенгинского целлюлозно-картонного комбината (СЦКК), расположенного на расстоянии около 50 км от Байкала. В отличие от общепринятых подходов к моделированию распространения загрязняющих веществ, посредством которых находят абсолютные концентрации ингредиентов при характерных синоптических ситуациях или при каких-то средних метеорологических условиях, в этой работе моделируются зоны превышения установленных критериев предельно допустимых концентраций [2, 3] в случайном поле скоростей. При этом для каждой расчетной точки пространства строится в полярной системе координат климатическая функция плотности вероятностей метеорологических характеристик, интегральная функция которой оценивается с учетом вращения по всем направлениям вектора скорости ветра и возможной величины его модуля. Такой подход позволяет детально учесть климатические особенности рассматриваемой местности и оценить потенциал опасного загрязнения атмосферы.

По данным исследований [4], г. Селенгинск расположен в зоне очень высокого потенциала загрязнения атмосферы. Более половины года здесь наблюдаются слабые ветры совместно с инверсионной термической стратификацией сложной структуры (приземная инверсия с несколькими слоями приподнятой инверсии), что обеспечивает высокий уровень загрязнения воздуха при относительно небольших выбросах загрязняющих веществ.

Климат рассматриваемого региона—континентальный, но на него оказывает некоторое смягчающее влияние оз. Байкал. Среднегодовая температура воздуха равна $-0,3^{\circ}\text{C}$ [5]. Самый холодный месяц года – январь (среднемесячная температура равна $-18,5^{\circ}\text{C}$); самый теплый – июль ($17,2^{\circ}\text{C}$). Положительные среднемесячные температуры сохраняются с апреля по октябрь включительно.

Среднегодовое количество осадков составляет 441 мм. Основное их количество выпадает в теплое время года с максимумом в июле – августе (50%); в зимний период выпадает около 18% годовой суммы с минимумом в феврале.

Статистические характеристики поля ветра, полученные путем обработки 8-срочных многолетних наблюдений (1985–1994 гг.) за вектором скорости ветра [6] на стационарных постах гидрометеорологической сети, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Среднестатистические характеристики вектора скорости ветра					
Месяц	u , м/с	v , м/с	σ_u , м/с	σ_v , м/с	r_{uv}
Январь	-0,90	0,36	3,21	1,38	-0,50
Февраль	0,67	0,15	3,18	1,35	-0,30
Март	1,93	-0,16	3,09	1,50	-0,14
Апрель	2,81	-0,40	3,16	2,04	0,02
Май	2,41	-0,38	3,29	1,92	0,06
Июнь	2,87	-0,06	2,99	1,81	0,18
Июль	1,99	0,12	3,51	1,75	0,36
Август	1,62	0,18	2,94	1,49	0,12
Сентябрь	1,48	-0,10	3,18	1,72	-0,10
Октябрь	1,71	0,04	3,05	1,75	0,30
Ноябрь	0,38	0,14	3,96	1,98	-0,46
Декабрь	-1,36	0,25	3,57	1,91	-0,54

Здесь u , v —средние соответственно зональная и меридиональная составляющие вектора скорости ветра; σ_u , σ_v —средне квадратические отклонения компонент u и v от средних значений; r_{uv} —коэффициент корреляции между компонентами u и v .

Результаты обработки показывают, что на ветровой режим в приземном слое атмосферы в основном влияет зональная составляющая, обусловленная преобладанием западного переноса, локальным влиянием озера на сушу (бризовая циркуляция), а также направленностью долины р. Селенги с востока на запад (горно-долинная циркуляция).

В связи с этим на территории региона в зимние месяцы (декабрь, январь) преобладают ветры восточного – юго-восточного направлений, причем в декабре зональная составляющая вектора скорости ветра вносит более значительный вклад в перенос примесей в сторону Байкала, что обусловлено большими термобарическими градиентами между водной поверхностью и сушей (по сравнению с январем, когда Байкал закрывается льдом). В остальные месяцы среднее направление вектора скорости ветра меняется на противоположное (от Байкала). С марта по июнь резко возрастает северо-западный перенос воздушных масс в совокупности с возрастающим термическим градиентом между покрытым еще льдом Байкалом и уже прогревающейся сушей. Это создает весьма благоприятные условия для рассеивания атмосферных примесей в промышленном регионе с выносом их в юго-восточном направлении.

Анализ результатов статистической обработки климатических ветровых характеристик показал, что наиболее опасные зоны загрязнения местности могут возникать в неблагоприятные месяцы для рассеивания примесей в атмосфере (январь, декабрь – наибольшее распространение примесей в сторону Байкала, ноябрь – наибольшее загрязнение непосредственно в городе).

Основным источником загрязнения воздушного бассейна в Селенгинске является СЦКК, которому принадлежит, по данным 1987 г., из 33 тыс. т вредных выбросов 96% [4].

Характер вредных выбросов от СЦКК обусловлен принятым на комбинате сульфатным способом производства целлюлозы, при котором в технологическом процессе используется сульфид натрия, приводящий к образованию серосодержащих соединений [7]. Дополнительными источниками загрязнения являются продукты сгорания топлива, а также пыль ремонтных цехов и складов угля.

При моделировании были рассмотрены 16 загрязняющих ингредиентов (табл. 2), для которых разработаны [7–10] значения средних суточных предельно допустимых концентраций (ПДК). Все расчеты были ориентированы на сравнения со средними суточными ПДК, так как они установлены для селитебных зон, в которых постоянно проживает население промышленных районов.

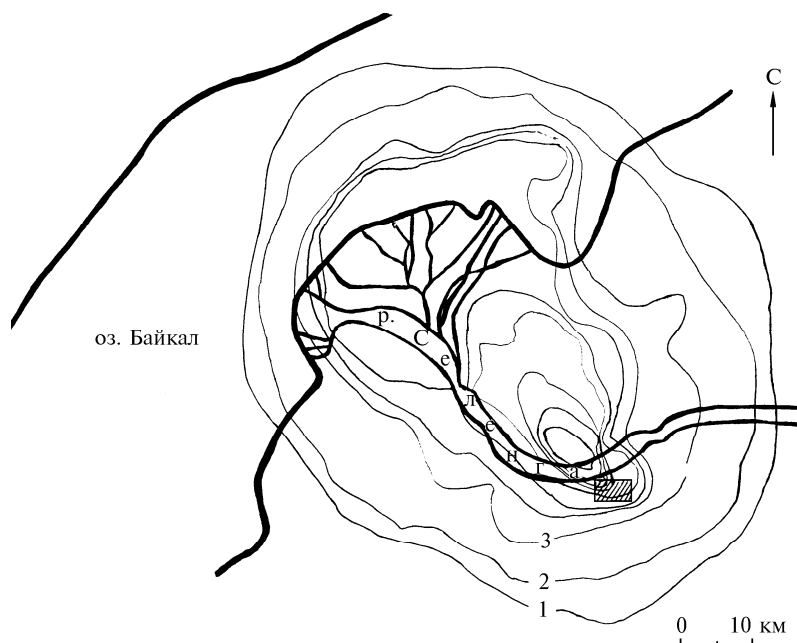
Расчеты показали, что для таких ингредиентов, как ксилол, метанол, фенол, скипидар, во все месяцы нет превышения ПДК. Для бенз(а)пирена, диоксида и оксида азота, диоксида серы превышения ПДК незначительны и колеблются от 6 до 25 ч в месяц даже при самых неблагоприятных для рассеивания примесей метеорологических условиях. Опасное загрязнение с точки зрения превышения ПДК оксидом углерода составляет приблизительно 110 ч (январь, ноябрь) на площади не более 0,135 км².

Средняя интенсивность выбросов загрязняющих веществ
и соответствующие им нормы средних суточных ПДК

Ингредиент	Количество, мг/с зима/лето	ПДК, мг/м ³
Аэрозоль щелочи	48	0,01
Бенз(а)пирен	0,0035	10 ⁻⁶
Диоксид азота	19267,6/17657,6	0,04
Диоксид серы	40361/36801	0,05
Диметилдисульфид	287	0,08
Диметилсульфид	337	0,08
Ксилол	308	0,2
Метанол	112	0,5
Метилмеркаптан	558	9·10 ⁻⁶
Оксид азота	3365/2135	0,06
Оксид углерода	92053	3,0
Пары серной кислоты	1,6	0,1
Пыль	46934/38485	0,15
Сероводород	1184	0,0008
Скипидар	117	0,05
Фенол	32	0,003

В связи с тем что на территории комбината расположены склады угля, запыленность рабочей зоны довольно существенна и дает в непосредственной близости источников превышения ПДК во все дни рассматриваемых месяцев (744 ч). Однако из-за относительной крупности фракций частиц происходит их быстрое осаждение, и вероятность опасного загрязнения быстро убывает с удалением от источников. Так, в окрестности 6–7 км² превышение ПДК не превосходит 440 ч в месяц (январь), и до Байкала долетают уже более мелкие частицы в концентрациях, не превышающих ПДК. Но нельзя забывать о том, что эти частицы осаждаются на зеркало озера, постепенно накапливаясь в воде, а также осаждаются на поверхность суши, создавая условия для вторичного загрязнения атмосферы.

Наибольшая площадь превышения ПДК сероводорода составляет 25 км² с максимумом до 380 ч над территорией комбината (ноябрь); в январе, декабре площадь опасного пятна загрязнения уменьшается до 10 км², но его длительность возрастает до 600 ч в месяц.



Климатическое распределение загрязняющих веществ от Селенгинского целлюлозно-картонного комбината (СЦКК). Частота превышения ПДК ММ в декабре: заштрихованный прямоугольник – г. Селенгинск

Самый высокий уровень загрязнения создается метилмеркаптаном (ММ). Причем над территорией комбината превышения ПДК могут быть 50–100-кратными. На площади около 300 км² превышение 15 значений ПДК возможно до 500 ч в месяц. Границы Байкала достигают не менее 5 значений ПДК. На рисунке приведен расчет частоты превышения ПДК ММ в декабре. Шаг расчета – 5 км. Изолиния 1 охватывает область, где превышения ПДК возникают с вероятностью не менее 0,1 (3 суток в месяц); изолиния 2 – с вероятностью не менее 0,2 (6 суток в месяц) и т.д. Как видим, повышение концентрации ММ могут достигать почти противоположного берега Байкала.

Расчетные значения вероятностей превышения ПДК сравнивались с многолетним экспериментальным материалом по наблюдениям за состоянием загрязнения атмосферы различными ингредиентами и дали хорошее согласование, особенно для максимальных вероятностей. Наибольшие отклонения расчетных и экспериментальных материалов оказались по сероводороду в августе. Вероятно, это можно объяснить тем, что этот месяц характеризуется большим количеством продолжительных туманов, которые способствуют более активному вступлению примеси в химические реакции.

Информация об областях опасного загрязнения как в городе, так и за его пределами различными ингредиентами может быть использована в оперативной практике специалистами различных областей знаний, например медиками, для установления причин возникновения ряда специфических заболеваний населения; дендрологами – для выяснения условий угнетения растительности.

Модели позволяют давать прогноз опасного загрязнения при перепрофилировании предприятий, их реконструкции, вводе в строй новых мощностей или очистных сооружений. Результаты расчетов, базируясь на климатических данных, ведут себя устойчиво.

1. Моисеев Н. Н. Современный рационализм. М.: МГВП КОКС, 1995. 376 с.
2. Аргучинцева А. В. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. № 8. С. 1101–1105.
3. Аргучинцева А. В. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 6. С. 800–803.
4. Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смиронова И. В. Чем дышит промышленный город. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 255 с.
5. Метеорологические ежемесячники. Вып. 23. Ч. 1. Чита. 1985–1994.
6. Метеорологические ежемесячники. Вып. 23. Ч. 2. Чита. 1985–1994.
7. Проект нормативов предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для Селенгинского ЦКК. Улан-Удэ: Республиканский эколого-геологический информационный центр, 1992. 130 с.
8. Сборник законодательных нормативных и методических документов для экспертизы воздухоохраных мероприятий. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 152 с.
9. Грушко Я. М. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. Л.: Химия, Ленингр. отд-е, 1986. 210 с.
10. Атмосфера: Справочник. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 509 с.

Иркутский госуниверситет

Поступила в редакцию
16 января 1997 г.

A.V. Arguchintseva. **Climatical Distribution of Pollutants from Selenginsk Integrated Pulp- and Paper Mill.**

Mathematical simulation of aerosol distribution is based on a stochastic approach to describing climatic characteristics of the regions. This approach uses multidimensional function of the probability density of specific meteorological situations. The results of computational experiments are given. They estimate contribution of every industrial source to air pollution in the region of Lake Baikal.