



УДК 502.3-027.21

## **Исследование рассеивающей способности атмосферы Иркутской области**

А. В. Ахтиманкина

*Иркутский государственный университет*

**Аннотация.** Цель работы – исследование способности атмосферы Иркутской области к рассеянию загрязняющих веществ. В качестве входной информации использовались 8-срочные наблюдения метеостанций, расположенных на территории 22 населенных пунктов области, за период с 1995 по 2014 г. Для каждой станции рассчитана климатическая устойчивость ветра для различных месяцев-представителей: января, апреля, июня. На большинстве станций ветер характеризуется неустойчивостью, исключение составляют станции Железногорск-Илимский, Мама, Киренск, на которых в январе коэффициент устойчивости ветра близок к 1, что объясняется преобладанием на территории данных станций одного направления ветра: например, в Железногорске-Илимском – западного, в Киренске и пос. Мама – северо-западного. В апреле ветер устойчив на станциях Нижнеудинск, Усолье-Сибирское, Киренск, Черемхово, Саянск; в июне – на станциях Усолье-Сибирское, Усть-Илимск, Усть-Кут, Железногорск-Илимский. Также было выявлено, что в городах Ангарске, Балаганске, Иркутске, Шелехове ветер характеризуется неустойчивостью во все периоды исследования без исключения, что связано с преобладанием двух направлений ветра: северо-западного и юго-восточного в Иркутске, Ангарске и Шелехове; северного и северо-западного в Балаганске. Кроме того, с целью графического представления рассеивающей способности атмосферы были построены эллипсы рассеяния, которые являются косвенной характеристикой способности атмосферы к самоочищению. Площади эллипсов позволяют сделать выводы: самые неблагоприятные условия для рассеяния создаются в январе, характеризующемся большой повторяемостью штилевых ситуаций; наилучшие условия для рассеяния в апреле – месяце, в котором скорости ветра увеличиваются, а повторяемость штилей уменьшается в 3–4 раза по сравнению с зимними месяцами.

**Ключевые слова:** устойчивость ветра, эллипс рассеяния, атмосфера, загрязнение.

### **Введение**

Иркутская область входит в число наиболее экономически развитых районов востока Российской Федерации. Это обусловлено наличием на территории минерально-сырьевых ресурсов, таких как уголь, газ, железная руда и др. Среди отраслей промышленности наиболее развитыми являются алюминиевая, деревообрабатывающая, производство целлюлозы и бумаги, электроэнергетика. Кроме того, в некоторых отраслях область является монополистом в стране – например, по производству карбида кальция, сульфатной

целлюлозы и поливинилхлоридной смолы. Особенностью структуры промышленного производства является ориентация на экспорт – к примеру, 34 % от производимого в Российской Федерации алюминия экспортируется из Иркутской области [9]. На производстве первичного алюминия и продукции из него специализируется Иркутский алюминиевый завод. На предприятии сосредоточена вторая стадия производства алюминия – электролиз глинозема, который поставляется на завод с различных регионов России. Готовая продукция в виде катанки, силумина, чушки отправляется в европейские регионы России и за границу. Таким образом, промышленные отходы, пыль и газообразные вещества (фтористые соединения, смолистые вещества, электролизная пыль, фтористый водород, диоксиды серы и азота), образующиеся в ходе технологических процессов, остаются в регионе производства, тем самым загрязняя его, а чистая продукция идет на экспорт. Не удивительным в связи с этим представляется то, что завод является основным источником загрязнения окружающей среды, и в частности атмосферы [4].

В целом качество атмосферного воздуха в области характеризуется как неблагоприятное. Высокий уровень загрязнения атмосферы обусловлен значительными выбросами промышленных предприятий, отсутствием или неудовлетворительной работой газоочистного оборудования [1–3; 6]. Кроме компонентного состава, условий выхода газовой смеси, их массы, на уровень загрязнения оказывают влияние метеорологические условия местности, которые могут способствовать как рассеянию, так и накоплению примесей. В связи с этим важным является исследование способности атмосферы к самоочищению.

### **Подходы к определению потенциала самоочищения**

Как уже было отмечено, климатические условия территории, ее метеорологические элементы, наряду с техническими характеристиками источников выбросов загрязняющих веществ, обуславливают их концентрации и процесс рассеяния в атмосфере.

В целях количественной оценки самоочищающей способности атмосферы используют такие показатели, как потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), климатический (метеорологический) потенциал самоочищения атмосферы (КПСА, МПСА).

Как правило, ПЗА, КПСА (МПСА) определяют как совокупность климатических или метеорологических характеристик, определяющих условия накопления и рассеяния загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, которые поступают с выбросами от промышленных предприятий и автотранспорта.

К настоящему времени выполнен ряд исследований в целях разработки наиболее подходящего метода для оценки самоочищающей способности атмосферы, учитывающего максимальное количество факторов, влияющих на накопление и рассеяние загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Остановимся подробнее на некоторых из них.

Э. Ю. Безуглой [5] была выполнена работа, направленная на оценку потенциала загрязнения атмосферы. Суть метода заключается в определении

ПЗА на основе климатических данных. ПЗА показывает, во сколько раз средняя концентрация примесей при одинаковых выбросах в конкретном районе будет выше, чем в условном (фоновом) районе:

$$ПЗА = \frac{q_i}{q_0},$$

где  $q_i$  – средняя концентрация примесей в конкретном районе,  $q_0$  – средняя концентрация примесей в условном районе.

При расчете ПЗА учитываются такие метеорологические параметры, как повторяемость случаев приземных инверсий, скорости ветра 0–1 м/с, застоев воздуха, туманов.

По представленному методу был выполнен расчет ПЗА для Восточной Сибири, показавший, что территория характеризуется повышенным, высоким и очень высоким потенциалом загрязнения, причем Иркутская область по данным расчетам относится к территории с очень высоким потенциалом загрязнения.

Наряду с такой характеристикой, как потенциал загрязнения атмосферы, направленной на определение предрасположенности атмосферы к накоплению загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, существует климатический (метеорологический) потенциал самоочищения атмосферы.

Стоит отметить работы Т. С. Селегей [10; 11], предложившей расчет метеорологического потенциала самоочищения атмосферы на основе следующей формулы:

$$МПСА = \frac{P_{ш} + P_{т}}{P_{о} + P_{в}}, \quad (1)$$

где  $P_{ш}$  – повторяемость штилей, %;  $P_{т}$  – повторяемость дней с туманами, %;  $P_{о}$  – повторяемость дней с осадками более 0,5 мм, %;  $P_{в}$  – повторяемость дней со скоростью ветра больше или равной 6 м/с, %.

Согласно данному методу, при  $МПСА < 1$  наблюдаются хорошие условия для рассеяния примесей в атмосферном воздухе, при  $МПСА > 1$  условия для рассеяния неблагоприятны, при  $МПСА > 3$  – крайне неблагоприятны.

По методу Т. С. Селегей Иркутская область относится к территории с метеорологическими условиями, способствующими накоплению загрязняющих веществ, местами крайне неблагоприятными.

Описанный выше метод Т. С. Селегей использовался в большом количестве работ как в исходном варианте, так и в модифицированном виде.

Л. П. Сорокина [12] предложила метод расчета потенциала самоочищения атмосферы, который учитывает данные о количестве дней с туманами, относительной влажностью более 80 %, штилем, о количестве дней со скоростью ветра более 15 м/с, осадками более 5 мм. В 1995 г. Л. П. Сорокиной была проведена работа по оценке влияния рельефа местности на самоочищающую способность атмосферы в приземном слое Иркутско-Черемховской долины. В результате было установлено, что в средне- и высокогорных районах наблюдаются благоприятные условия для рассеяния

загрязняющих веществ, менее благоприятными являются долины рек, ориентированные перпендикулярно основному переносу воздушных масс.

Стоит отметить, что термин «потенциал самоочищения атмосферы» говорит о том, что с улучшением условий для самоочищения атмосферы должен увеличиваться МПСА, что не реализуется при использовании формулы (1).

Данное критическое замечание также было освещено в работе Л. М. Фетисовой и др. [14], в которой предложена формула для расчета коэффициента самоочищения атмосферы (2), по своей смысловой нагрузке имеющего такое же значение, как МПСА. В то же время авторы в формуле (1) заменили такую характеристику, как повторяемость туманов, на повторяемость инверсий ( $P_{ин}$ ), что является обоснованным, поскольку штилевые ситуации совместно с инверсиями создают наиболее неблагоприятные условия для рассеяния примесей в атмосфере, так называемые ситуации застоя:

$$K = \frac{P_o + P_b}{P_{ш} + P_{ин}}, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент самоочищения атмосферы.

В работе И. В. Латышевой [8] также было предложено использовать формулу, обратную (1):

$$МПСА = \frac{P_o + P_b}{P_{ш} + P_t}.$$

Как уже было отмечено, на территории Иркутской области неоднократно проводились исследования потенциала самоочищения атмосферы. Так, Институтом географии СО РАН выполнена оценка КПСА за теплый и холодный периоды года. В результате исследований установлено, что в холодный период (октябрь – март) основной фоновой характеристикой на территории области является низкий потенциал самоочищения атмосферы. В теплый период (апрель – сентябрь) картина распределения значений КПСА в общих чертах сохраняется, хотя в ряде районов, например на Иркутско-Черемховской равнине, отмечается средний КПСА, такие же его значения характерны для побережья Байкала и среднегорных районов области [13].

### Методы и материалы исследования

В данной работе исследование рассеивающей способности атмосферы Иркутской области определяется путем моделирования распределения вектора скорости ветра. За основу были взяты данные 8-срочных наблюдений с метеостанций, расположенных на территории 22 населенных пунктов области за период с 1995 по 2014 г.

На метеостанциях данные о векторе скорости задаются в полярной системе координат, нам же необходимы данные о компонентах вектора скорости в декартовой системе координат. Получить компоненты вектора скорости в декартовой системе координат на основе данных полярной системы можно следующим образом:

$$u = |\vec{V}| \cos \varphi,$$

$$v = |\vec{V}| \sin \varphi,$$

где  $u, v$  – компоненты вектора скорости ( $\vec{V}$ ) по осям декартовой системы координат  $x$  и  $y$ ,  $|\vec{V}|$  – модуль вектора скорости,  $\varphi$  – направление вектора скорости.

В метеорологии угол, образуемый направлением ветра с меридианом, отсчитывается по часовой стрелке от положительного направления оси ординат. В декартовой системе координат угол отсчитывается от положительного направления оси абсцисс против часовой стрелки. С учетом этого при переходе к декартовой системе компоненты вектора скорости находятся следующим образом:

$$\begin{aligned} u &= -|\vec{V}| \sin \varphi, \\ v &= -|\vec{V}| \cos \varphi. \end{aligned}$$

Кроме компонентов вектора скорости, рассчитывались следующие параметры:

- $\sigma_u, \sigma_v$  – средние квадратические отклонения, характеризующие рассеяние компонентов вектора скорости ( $u, v$ ) вокруг их средних значений ( $\bar{u}, \bar{v}$ ):

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (j_i - \bar{j})^2}{n}},$$

где  $j = u, v$ ;

- $r_{uv}$  – коэффициент корреляции между компонентами вектора скорости ветра, характеризующий степень тесноты их линейной связи:

$$r_{uv} = \frac{\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})(v_i - \bar{v})}{n\sigma_u\sigma_v}.$$

Для каждой пары компонентов модуля вектора скорости находятся результирующий модуль вектора скорости ( $V_r$ ), направление результирующего модуля вектора скорости ( $\theta$ ), затем их средние значения:

$$\bar{V}_r = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{u_i^2 + v_i^2}}{n},$$

$$\bar{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^n \operatorname{arctg} \frac{u_i}{v_i}}{n}.$$

Средняя скалярная скорость ( $\bar{V}_s$ ) определяется:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n V_{si}}{n},$$

где  $V_{si}$  – скалярная скорость ветра,  $n$  – число наблюдений.

Отношение значения среднего результирующего вектора скорости к средней скалярной скорости дает характеристику, называемую устойчивостью ветра. Под устойчивостью ветра ( $q$ ) понимается преобладание в данном районе одного направления ветра над другим. Для нахождения данной характеристики используется следующая формула:

$$q = \frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_s}, \quad (3)$$

$q$  изменяется в пределах от 0 до 1.  $q=0$  свидетельствует о том, что в данном районе все направления ветра одинаково часты и имеют одинаковую скорость. Если направление ветра всегда одно и то же, то  $q = 1$ . Таким образом, чем ближе  $q$  к единице, тем больше устойчивость ветра [7].

Для графического представления рассеивающей способности атмосферы использовались эллипсы рассеяния. Центром эллипса рассеяния являются средние значения компонентов вектора скорости ( $\bar{u}, \bar{v}$ ). Величина полуосей определяется значениями средних квадратических отклонений ( $\sigma_u, \sigma_v$ ), отражающих рассеяние вокруг центра. Оси эллипса повернуты относительно осей координат на угол  $\alpha$ , который находится из равенства:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2r_{u,v} \sigma_u \sigma_v}{\sigma_u^2 - \sigma_v^2},$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{2r_{u,v} \sigma_u \sigma_v}{\sigma_u^2 - \sigma_v^2}.$$

Параметр  $L$ , называемый эллиптичностью, позволит нам определить, в какой мере данное рассеяние векторов отлично от кругового:

$$L = 2\sigma_u \sigma_v \sqrt{\frac{1 - r^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}}.$$

Значение  $L$  определяется соотношением характеристик рассеяния  $\sigma_u$  и  $\sigma_v$  по обеим осям. Чем больше  $\sigma_u$  отличается от  $\sigma_v$ , тем более вытянутым будет становиться эллипс, а  $L$  будет стремиться к нулю. Если  $\sigma_u = \sigma_v$ , то  $L = 1$ , а рассеяние является круговым. Площадь климатического эллипса рассеяния определялась по следующей формуле:

$$S_{\text{эл}} = \pi \sigma_u \sigma_v.$$

### Обсуждение результатов

На основе приведенной выше формулы (3) была рассчитана устойчивость ветра по станциям, расположенным на территории Иркутской области (рис. 1).

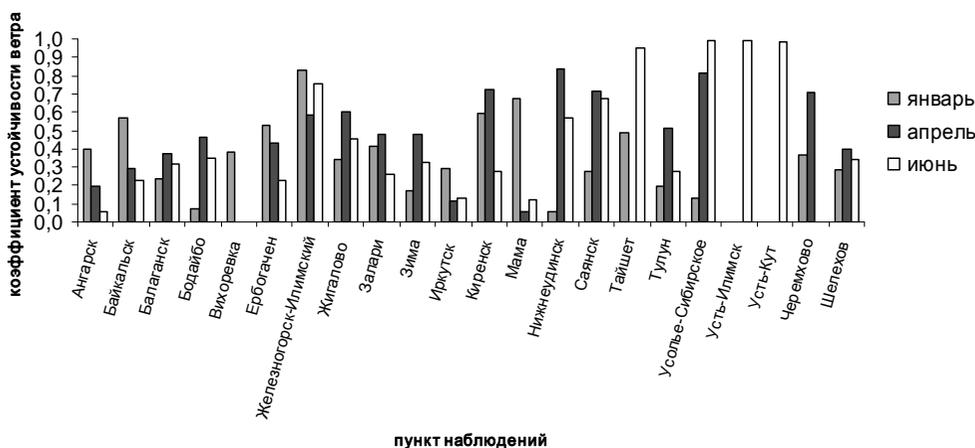


Рис. 1. Коэффициент устойчивости ветра на постах Иркутской области

Примечание: для станции Вихоревка не производился расчет для апреля и июня, для станций Усть-Илимск и Усть-Кут – для января и апреля, для станции Черемхово – для июня ввиду отсутствия репрезентативных данных

Наибольшей неустойчивостью ветер характеризуется в январе (см. рис. 1), исключение составляют станции Железногорск-Илимский ( $q = 0,8$ ), Мама ( $q = 0,7$ ), Киренск ( $q = 0,6$ ). На станции Железногорск-Илимский отмечено преобладание западного ветра, повторяемость которого в январе составляет 50 %, станции Киренск и Мама характеризуются преобладанием северо-западного направления, повторяемость которого 65 и 60 % соответственно. В апреле наибольший коэффициент устойчивости ветра отмечен на станциях Нижнеудинск ( $q = 0,8$ ), Усолье-Сибирское ( $q = 0,8$ ), Киренск ( $q = 0,7$ ), Черемхово ( $q = 0,7$ ), Саянск ( $q = 0,7$ ). Это свидетельствует о преобладании одного направления в данном районе. Так, например, на станции Нижнеудинск в апреле преобладают северо-западные ветра, повторяемость



лении преобладающих ветров, например, в Иркутске эллипс рассеяния смещен в результате преобладания северо-западного направления ветра. В сравнении с эллипсами рассеяния в апреле (см. рис. 3) и июне (см. рис. 4) эллипсы в январе свидетельствуют о неудовлетворительных условиях для рассеяния загрязняющих веществ в данный период.

На рисунке 3 представлены климатические эллипсы рассеяния ветрового потока в апреле. Согласно расчетам наиболее благоприятные условия для рассеяния создаются в Черемхово, пос. Мама, Железногорске-Илимском, Саянске, Тулуне, Балаганске, Киренске. Максимальная эллиптичность ( $L = 0,6$ ) отмечена в Иркутске, а также Балаганске, Жигалово, пос. Мама, Черемхово, Шелехове ( $L = 0,7$ ). Практически на всех станциях отмечается смещение эллипса рассеяния от центра в направлении преобладающих ветров.

Эллипсы рассеяния в июне (см. рис. 4) свидетельствуют о снижении рассеивающей способности атмосферы в этот период в сравнении с апрелем, в то же время степень рассеяния в июне выше, чем в январе. Наиболее благоприятные условия для рассеяния отмечены также в северных районах, на станциях Усть-Кут, Усть-Илимск, Мама, Киренск, а также в районе Тайшета и Балаганска. Максимум эллиптичности, согласно расчетам, отмечен на постах в Балаганске, пос. Мама, Шелехове и Иркутске ( $L = 0,7$ ).

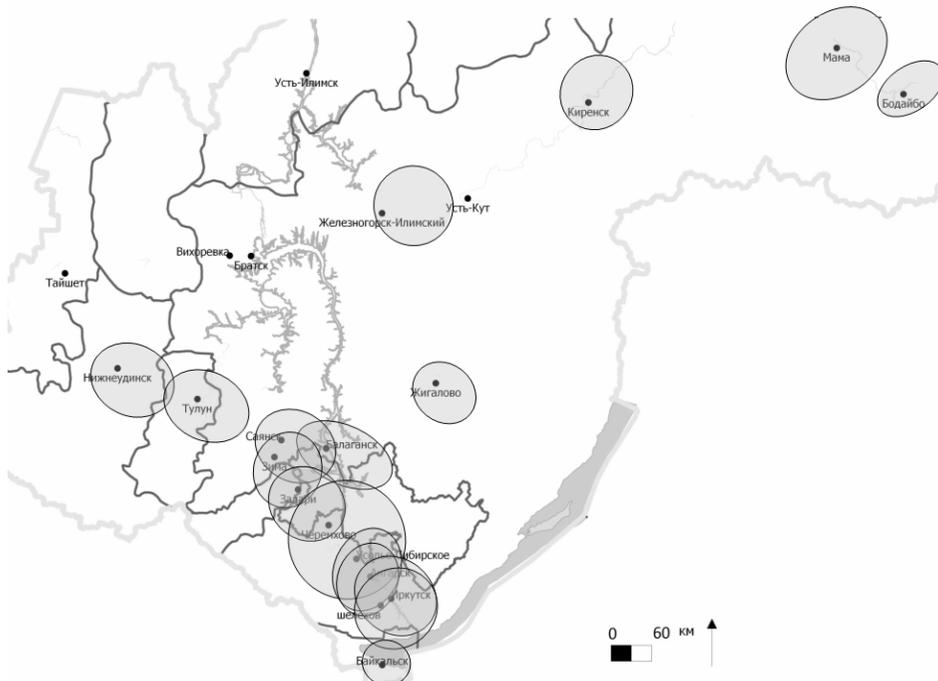


Рис. 3. Климатические эллипсы рассеяния ветрового потока на территории Иркутской области в апреле

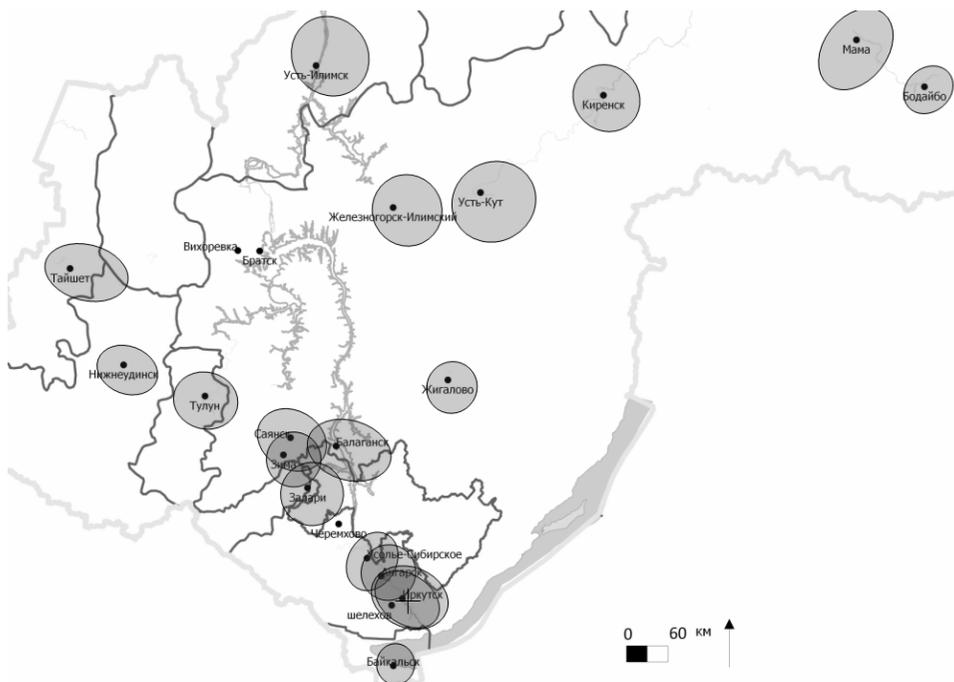


Рис. 4. Климатические эллипсы рассеяния ветрового потока на территории Иркутской области в июне

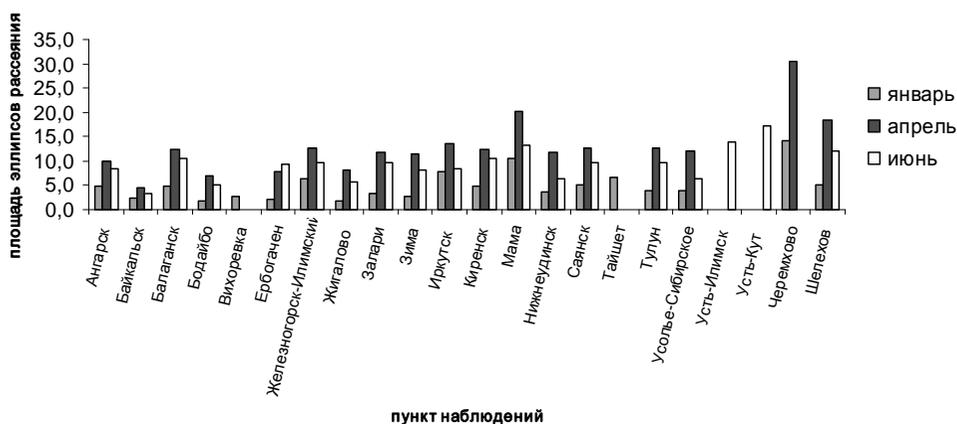


Рис. 5. Площади эллипсов рассеяния ветрового потока на метеорологических станциях Иркутской области.

*Примечание:* для станции Вихоревка не производился расчет для апреля и июня, для станций Усть-Илимск и Усть-Кут – для января и апреля, для станции Черемхово – для июня ввиду отсутствия репрезентативных данных

Площади эллипсов рассеяния проиллюстрированы на рис. 5. Наибольшие площади эллипсов рассеяния наблюдаются в апреле – месяце, характеризующемся активизацией циклонической деятельности, сопровождающейся усилением скоростей ветра, в результате создаются наиболее благоприятные условия для самоочищения атмосферы. Далее по величине площади следуют эллипсы рассеяния ветрового потока в июне, когда модуль скорости ветра понижается в сравнении с апрелем. Минимальные же значения эллипсов рассеяния отмечены в январе, когда наблюдается наибольшая повторяемость штилей, следовательно, данный период особенно неблагоприятен для очищения атмосферы.

Стоит отметить, что климатические эллипсы рассеяния – это не количественная, а качественная характеристика, позволяющая наглядно оценить возможность атмосферы к рассеянию примесей.

### **Выводы**

На территории Иркутской области наиболее неблагоприятные условия для рассеяния создаются в январе, что способствует накоплению примесей в приземном слое атмосферы. Эти особенности теоретически принимаются во внимание промышленными предприятиями при разработке томов предельных допустимых выбросов. Однако реальная ситуация свидетельствует о всё возрастающем загрязнении атмосферы. Поэтому управляющие органы области должны учитывать климатические особенности при планировании мероприятий по регулированию качества атмосферы и, в первую очередь, осуществлению мониторинга и контроля выбросов от промышленных предприятий.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00185 мол\_а и гранта Иркутского государственного университета № 091-15-227.*

### **Список литературы**

1. *Аргучинцева А. В.* Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями теплоэнергетики г. Иркутска / А. В. Аргучинцева, И. Г. Годвинская, А. В. Ахтиманкина // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2011. – Т. 4, № 1. – С. 33–47.
2. *Ахтиманкина А. В.* Загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями г. Иркутска / А. В. Ахтиманкина, А. В. Аргучинцева // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2013. – Т. 6, № 1. – С. 3–19.
3. *Ахтиманкина А. В.* Исследование динамики концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Иркутска / А. В. Ахтиманкина, О. А. Лопаткина // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2014. – Т. 9. – С. 2–15.
4. *Ахтиманкина А. В.* Исследование динамики концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Шелехова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2015. – Т. 13. – С. 42–57.
5. *Безуглая Э. Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов / Э. Ю. Безуглая. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 184 с.
6. *Вологжина С. Ж.* Оценка экологического состояния атмосферного воздуха Южного Прибайкалья / С. Ж. Вологжина А. В. Ахтиманкина // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2013. – Т. 6, № 2. – С. 76–88.

7. Гутерман И. Г. Распределение ветра над северным полушарием / И. Г. Гутерман. – Л. : Гидрометеиздат, 1965. – 252 с.
8. Латышева И. В. Современные особенности гидрометеорологического режима южного побережья оз. Байкал / И. В. Латышева, В. Н. Синюкович, Е. В. Чумакова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 117–133.
9. Программа социально-экономического развития Иркутской области на 2011–2015 гг. – Иркутск, 2010. – 253 с.
10. Рекомендации по определению метеорологического потенциала атмосферы Сибирского экономического района / отв. исполн. Т. С. Селегей. – Новосибирск, 1987. – 132 с.
11. Селегей Т. С. Потенциал рассеивающей способности атмосферы / Т. С. Селегей, И. П. Юрченко // География и природ. ресурсы. – 1990. – № 2. – С. 132–137.
12. Сорокина Л. П. Климатические аспекты формирования экологических проблем в Восточной Сибири / Л. П. Сорокина // География и природные ресурсы. – 1995. – № 3. – С. 51–58.
13. Сорокина Л. П. Климат. Воды. Климатический потенциал самоочищения атмосферы : атлас. Иркутская область: экологические условия развития / Л. П. Сорокина. – М. ; Иркутск : Географ, 2004. – 99 с.
14. Фетисова Л. М. Экология атмосферы крупного промышленного центра в условиях сложного рельефа / Л. М. Фетисова, Г. А. Пужлякова, Е. А. Полянская – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2004. – 136 с.

## Research of Scattering Capacity of the Atmosphere of the Irkutsk Region

A. V. Akhtimankina

*Irkutsk State University*

**Abstract.** The aim of the investigation was studying the ability of the atmosphere to scatter the pollutants in Irkutsk region. As input information was used data of 8-term observations from meteorological stations located in 22 settlements of the region for the period from 1995 till 2014. On the basis of this data was calculated the wind stability for each station for different periods: January, April, June. Modeling of the distribution of the wind velocity vector has shown that in the study period (January, April, June) the wind is characterized by instability at the most part of meteorological stations, exceptions are the stations Zheleznogorsk-Ilimskiy, Mama, Kirensk, were coefficient of wind stability in January was close to 1, because of the predominance of a single wind direction on the territory of these stations, for example, at Zheleznogorsk-Ilimskiy – western wind, at Kirensk and Mama northwesterly wind; in April wind was stable at the follow stations Nizhneudinsk, Usol'e-Sibirskoe, Kirensk, Cheremkhovo, Sayansk; in June – at the stations Usol'e-Sibirskoe, Ust'-Ilimsk, Ust'-Kut, Zheleznogorsk-Ilimskiy. It was also revealed that wind is characterized by instability in all periods of the study, without exception at the territories cities Angarsk, Balagansk, Irkutsk, Shelekhov, due to the predominance of the two wind directions: northwesterly and southeasterly in Irkutsk, Angarsk and Shelekhov; north and northwesterly in Balagansk. In addition, for the purpose of graphical representation of the scattering ability of the atmosphere were built ellipses scattering. Construction of the ellipses, which are an indirect characteristic of ability of atmosphere to self-purification, and finding square of ellipses revealed that the most unfavorable conditions for the dispersion are created in January – month, which characterized by high frequency of light winds; the

best conditions for the scattering are observed in April – the month in which the wind velocity increases, and the frequency of light winds decreases by 3-4 times in comparison with the winter months.

**Keywords:** wind stability, ellipses scattering, atmosphere, air pollution.

*Ахтиманкина Анастасия Владимировна  
старший преподаватель  
Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952) 52-10-72  
e-mail: anastasiya.ahtimankina@mail.ru*

*Akhtimankina Anastasiya Vladimirovna  
Senior Lecturer  
Irkutsk State University  
1, K. Marx, Irkutsk, 664003  
tel.: (3952) 52-10-72  
e-mail: anastasiya.ahtimankina@mail.ru*