

## МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА

*Анатолий Александрович Леженин*

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-64-50, e-mail: lezhenin@ommfao.sccc.ru

*Владимир Федотович Рапута*

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sccc.ru

Рассматривается проблема оценки атмосферного загрязнения города по данным мониторинга на стационарных постах наблюдений. Обсуждаются результаты проведенных исследований на примере г. Искитима Новосибирской области. Выполнен анализ связей повторяемости выносов примесей от доминирующих источников с измеренными концентрациями на стационарном пункте наблюдения города для зимних периодов времени. Исследовано влияние повторяемости ветров различных направлений на формирование уровня атмосферного загрязнения на посту контроля. С учетом взаимного расположения пункта наблюдения и основной автомагистрали города показан заметный вклад ветров юго-западных направлений в увеличение концентраций бенз(а)пирена. Изучены закономерности формирования атмосферного загрязнения в штилевых условиях. Установлена статистическая связь между количеством штилей, фиксируемых в течение месяца на метеорологической станции г. Искитим, и значениями концентраций бенз(а)пирена.

**Ключевые слова:** атмосфера, роза ветров, загрязнение, пункты контроля, бенз(а)пирен

## METHODS FOR ASSESSING THE CITY ATMOSPHERE POLLUTION ACCORDING TO MONITORING DATA

*Anatoly A. Lezhenin*

Institute of the Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., senior researcher, phone: (383)330-64-50, e-mail: lezhenin@ommfao.sccc.ru

*Vladimir F. Raputa*

Institute of the Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Chief Researcher, phone: (383)330-61-51, e-mail: raputa@sccc.ru

The problem of assessing the city's atmospheric pollution based on monitoring data at stationary observation posts is considered. The results of the research carried out on the example of Iskitim city in the Novosibirsk region are discussed. The analysis of the relationship between the frequency of impurity emissions from dominant sources and the measured concentrations at the stationary observation point of the city for winter periods of time is carried out. The influence of the frequency of winds of different directions on the formation of the level of atmospheric pollution at the control post has been investigated. Taking into account the relative position of the observation point and the main

highway of the city, a noticeable contribution of southwestern winds to the increase in benzo (a) pyrene concentrations is shown. The regularities of the formation of atmospheric pollution in calm conditions have been studied. A statistical relationship has been established between the number of calm recorded during the month at the Iskitim meteorological station and the values of benzo(a)pyrene concentrations.

**Keywords:** atmosphere, wind rose, pollution, control points, benzo(a)pyrene

### *Введение*

Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах России базируется на данных наблюдений, получаемых со стационарных постов сети Росгидромета. При формировании сети станций учитывались следующие условия: репрезентативность размещения постов, регулярность, единство программы наблюдений [1–3]. Организация сети основывалась на результатах экспериментальных и теоретических исследованиях, представленных в работах [1, 4, 5]. Посты мониторинга подразделяются на следующие категории: стационарные, маршрутные и подфакельные. Стационарные наблюдения проводятся в специальных павильонах. Мобильные посты используются для отбора проб воздуха по всей территории города. Данные со стационарных и передвижных постов дают возможность оценить поля концентраций загрязняющих примесей [3, 4]. Существенная информация о длительном атмосферном загрязнении территорий может быть получена с использованием природных планшетов: почвенного растительного и снежного покровов [6–11]. Совместное применение данных наземного и спутникового мониторинга загрязнения снежного и растительного покрова позволяет детализировать картину распространения загрязняющих веществ [12–16].

Согласно данным государственного доклада Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» г. Искитим Новосибирской области включён в список населённых пунктов с очень высоким уровнем загрязнения воздуха. Территория Искитима расположена в зоне высокого потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА) [17, 18]. Помесячные регулярные измерения БП в городе проводятся на одном посту в соответствии с руководством [2]. Максимумы концентраций характерны в зимние периоды времени. В зимний период 2018 г. среднемесячная концентрация бенз(а)пирена (БП) достигала 15-20 ПДК. Неблагоприятные метеорологические условия (НМУ) способствовали накоплению загрязняющих веществ у поверхности земли. Выброс БП в атмосферу связан с процессами сжигания углеводородного топлива. Также следует отметить, что по информации администрации города, на территории г. Искитима в 2018 году не появились дополнительные источники выбросов БП. Тем не менее, согласно данным Росгидромета в 2018 году, среднегодовая концентрация БП в г. Искитиме составила 5.2 ПДК.

Целью исследования является анализ взаимосвязей между режимом ветра и повышенными концентрациями БП в воздухе г. Искитима в зимние периоды времени.

## Объекты и материалы исследования

Город Искитим находится в условиях сложного рельефа с перепадом высот до ста метров. Значительная часть города расположена в пониженной части долины реки Бердь и подвержена влиянию микроклиматических особенностей местности. Стационарный пункт контроля состояния загрязнения атмосферного воздуха (ПНЗА) находится в северной части города вблизи основной автомагистрали (ул. Советская) и на расстоянии одного километра от высотных труб цементного завода (рис. 1). Дополнительный вклад в загрязнение атмосферы могут вносить выбросы от котельных и частного сектора, использующих твердое топливо. Отметим близкое расположение ПНЗА от метеорологической станции г. Искитим (индекс ВМО 29730). Это позволяет достаточно корректно анализировать процессы переноса загрязняющих примесей от источников.

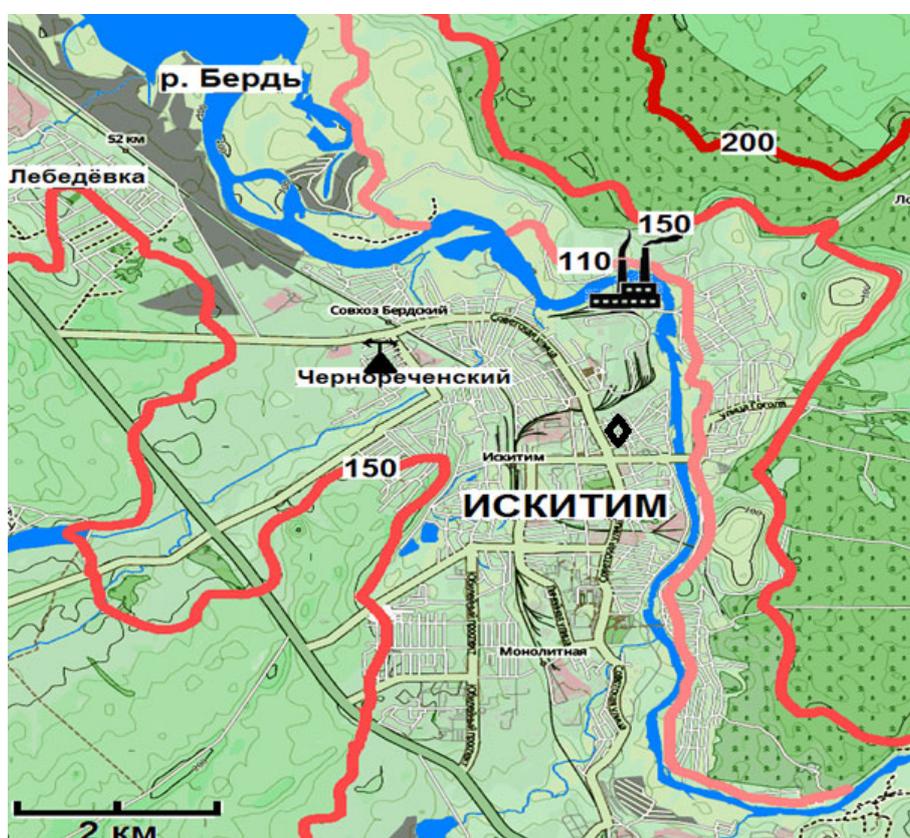


Рис. 1. Схема расположения на территории г. Искитим:

ул. Советская, ПНЗА - , метеостанции - , цементного завода - .  
Изолинии рельефа - 

По данным измерений на метеостанции в зимние месяцы 2018 г. средняя температура была ниже среднеклиматической почти на  $1,5^{\circ}\text{C}$ , также фиксировались НМУ, при которых вероятно накопление загрязняющих веществ у поверхности земли и, в том числе, БП.

## Результаты и обсуждения

По данным наблюдений на метеорологической станции Искитим были построены розы ветров для зимних сезонов 2014-2019 гг. На рис. 2 приведены помесячные розы ветров для зимних периодов 2017/18, 2018/19 гг.

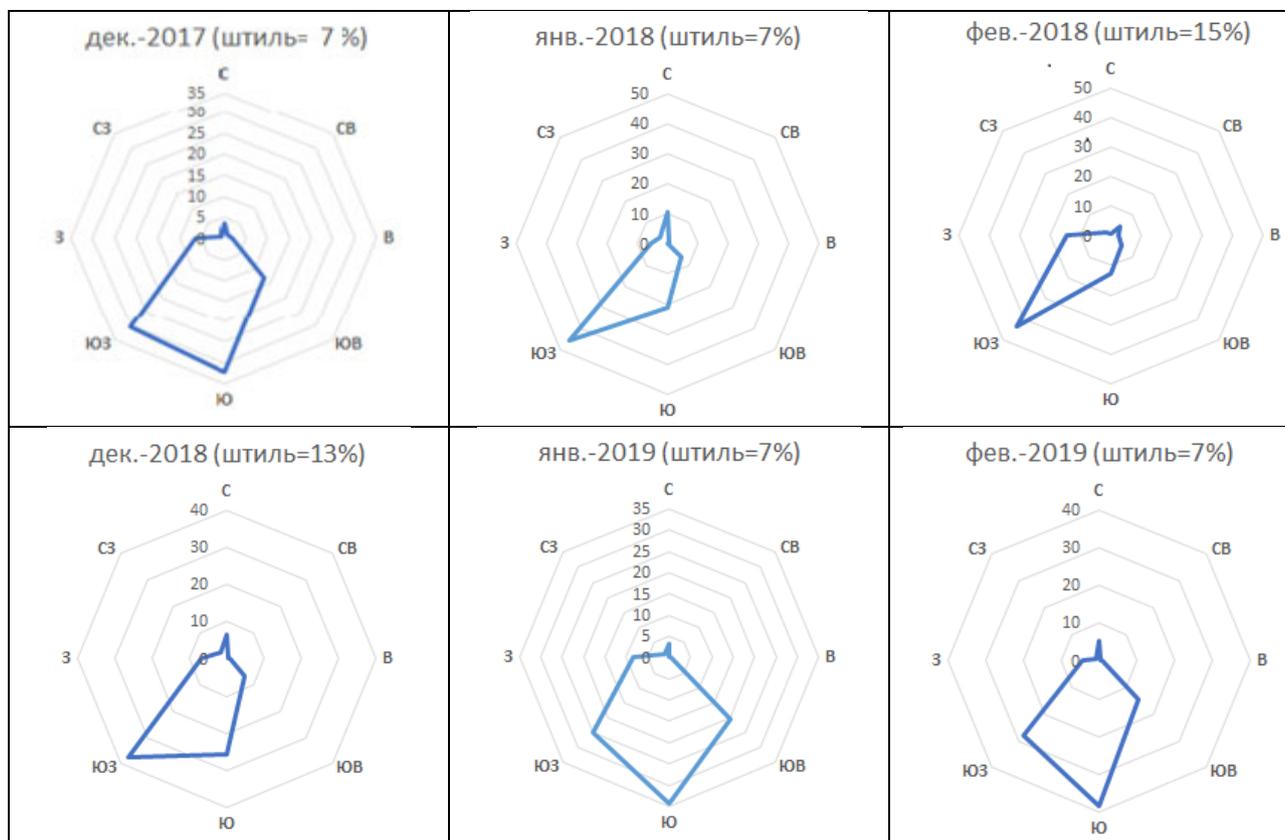


Рис. 2. Повторяемость направлений ветра (%) на метеостанции Искитим для зимних сезонов 2017/18, 2018/19 гг.

Согласно [19, 20] на рассматриваемой территории в зимние сезоны преобладают ветры юго-западного и южного направлений. Рис. 2 показывает, что в зимние месяцы 2018 г. доминировали юго-западные ветры. В январе, феврале, декабре 2018 г. их повторяемость составила более 40 % случаев. В связи с этим следует отметить фактор расположения ПНЗА относительно автомагистрали по ул. Советской (рис. 1). При ветрах юго-западных направлений возрастает интенсивность выносов примесей с автотрассы в сторону ПНЗА и, как следствие, это приводит к увеличению концентрации БП.

Повторяемость штилей в феврале, декабре 2018 г. составила 15% и 13% соответственно. Именно в эти месяцы были зафиксированы наиболее высокие концентрации БП до 15 – 20 ПДК. Повторяемость штилей в январе 2018 г. наблюдалась на уровне 7%. В этом случае, несмотря на высокий процент юго-западных ветров, концентрация БП в атмосфере была заметно ниже. На рис. 3 приведены значения повторяемостей штилей и концентраций БП для зим 2014-2019 гг.

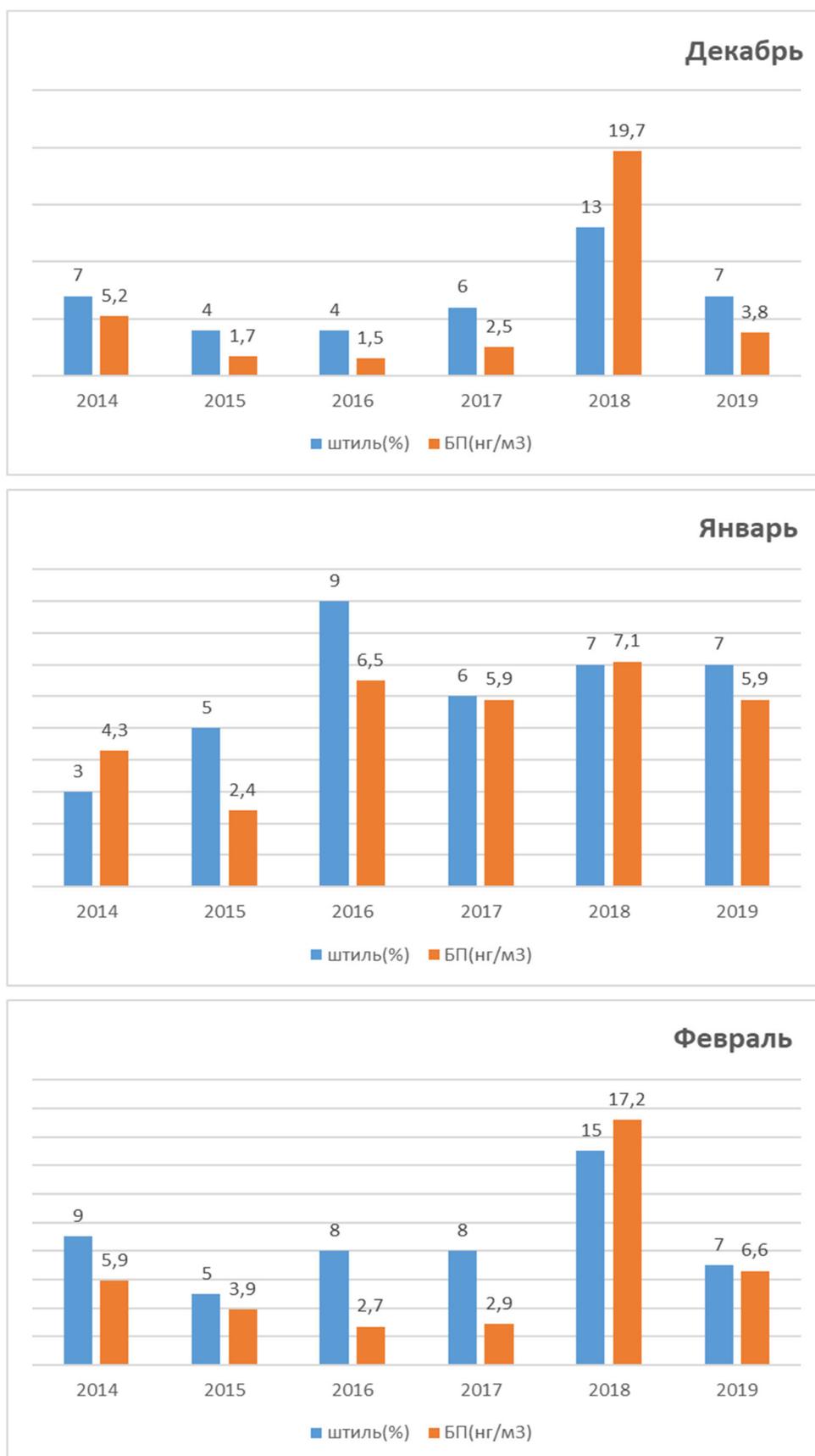


Рис. 3. Повторяемости штилей (%) и измеренных концентраций БП (нг/м<sup>3</sup>) на стационарном посту г. Искитима в зимние месяцы 2014 – 2019 гг.

Анализ рис. 3 показывает, что для зимних месяцев уровни концентрации БП вполне согласованы с повторяемостью штилей. Отметим, зимой 2018 г. на ПНЗА г. Искитима и г. Новосибирска прослеживалась схожие по загрязнению БП ситуации [21], что подтверждает определяющее влияние метеорологических условий на повышенный уровень содержания загрязняющих примесей в атмосфере.

На рис. 4 представлены результаты корреляционного анализа данных измерений концентраций БП и повторяемости штилей для зимних периодов 2014, 2015, 2017 – 2019 гг. в г. Искитим.

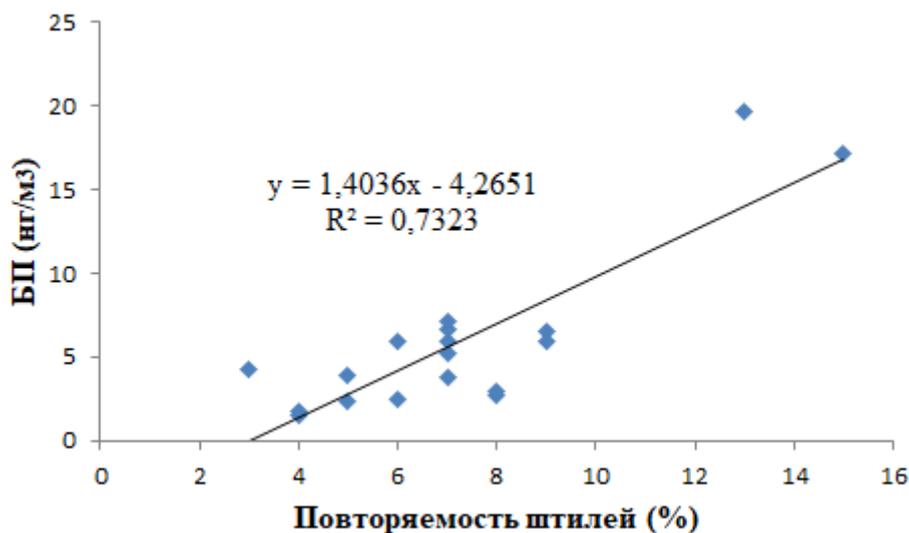


Рис. 4. Связь концентрации БП и повторяемости штилей в зимние месяцы 2014-2019 гг. в г. Искитим

### *Заключение*

Результаты проведенных исследований позволили выявить существенный вклад влияния повторяемостей штилей и слабых ветров в повышенные уровни содержания БП в атмосфере г. Искитима для зимних условий. С учетом взаимного расположения ПНЗА и автомагистрали по ул. Советской показано заметное влияние повторяемости ветров юго-западных направлений на увеличение концентрации БП.

Для получения пространственной картины загрязнения по территории города и его окрестностей требуется организация дополнительных наблюдений. Для этих целей следует использовать данные спутникового и наземного мониторинга загрязнения снежного покрова.

*Работа выполнена в рамках Госзадания для ИВМиМГ СО РАН (проект 0215-2021-0003), при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области (проект № 19-47-540008).*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 200 с.
2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1979. - 448 с.
3. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. - Санкт-Петербург: Астерион, 2008. - 253 с.
4. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1975. - 448 с.
5. Бызова Н. Л., Гаргер Е. К., Иванов В. Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 278 с.
6. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова: монография. - Л.: Гидрометеоиздат. - 1985. - 182 с.
7. Дмитриев А. В., Дмитриев В. В. Теоретическое и экспериментальное исследование процессов таяния снежного покрова в районе г. Омска по материалам 2008 - 2009 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2010. - Т. 7, № 2. - С. 138-148.
8. Raputa V. F., Kokovkin V. V., Morozov S. V., Yaroslavtseva T. V. Organic Carbon in the City Territories of the South of West Siberia // Химия в интересах устойчивого развития. - 2016. - Т. 24, № 4. - С. 483-489.
9. Юсупов Д. В., Рихванов Л. П., Барановская Н. В., Ялалтдинова А. Р. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя урбанизированных территорий // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2016. - Т. 327, № 6. - С. 25-36.
10. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населённых пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. - М.: ИМГРЭ, 1990. - 16 с.
11. Бортникова С. Б., Рапута В. Ф., Девятова А. Ю., Юдахин Ф. Н. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. - 2009. - № 5. - С. 447-457.
12. Дмитриев А. В., Дмитриев В. В. Прослеживание корреляции динамики NDVI в сравнении с зоной выпадения аэрозолей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2008. - Т. 1, № 5. - С. 92-95.
13. Полищук Ю. М., Хамедов В. А., Русакова В. В. Дистанционные исследования воздействия факельного сжигания попутного газа на лесорастительный покров нефтедобывающей территории с использованием вегетационного индекса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2016. - Т. 13, № 1. - С. 61-69.
14. Василевич М. И., Елсаков В. В., Щанов В. М. Применение спутниковых методов исследований в мониторинге состояния лесных фитоценозов в зоне выбросов промышленного предприятия // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2014. - Т. 11, № 1. - С. 30-42.
15. Riggs G., Hall D., and Salomonson V. A Snow Index for the Landsat Thematic Mapper and Moderate Resolution Imaging Spectrometer // Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '94, Vol. 4: Surface and Atmospheric Remote Sensing: Technologies, Data Analysis, and Interpretation. - 1994. - P. 1942-1944.
16. Курбанов Э. А., Воробьев О. Н., Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А. Оценка загрязнений древостоев отходами силикатного производства по снимку RapidEye // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2013. - Т. 10, № 2. - С. 88-97.
17. Селегей Т. С. Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Сибири. - Новосибирск: Наука, 2005. - 347 с.

18. Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В. Чем дышит промышленный город. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 256 с.
19. Климат Новосибирска: справочное издание / Под ред. С. Д. Кошинского, Ц. А. Швер. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 223 с.
20. Лучицкая И. О., Белая Н. И., Арбузов С. А. Климат Новосибирска и его изменения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 224 с
21. Рапуга В. Ф., Леженин А. А. Анализ процессов длительного загрязнения атмосферы г. Искитима // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2020. - Т. 4, № 1. - С. 137-141.

© А. А. Леженин, В. Ф. Рапуга, 2021