

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И.Н. Безкоровайная
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Метеорологические условия как фактор загрязнения

тема

атмосферного воздуха города Красноярска

05.03.06 – Экология и природопользование

05.03.06.01 – Экология

код – наименование направления

Выпускник

подпись, дата

Д.В. Злобин

инициалы, фамилия

Научный руководитель

подпись, дата

доцент, к.г.н. Р.А. Шарафутдинов

должность, ученая степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

П.А. Красноперова

инициалы, фамилия

Красноярск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Эколого-географические условия загрязнения воздуха.....	6
1.1 Загрязнение атмосферного воздуха в России.....	6
1.2 Глобальное изменение скоростей ветра	7
1.3 Влияние солнечной активности на атмосферные процессы	8
1.4 Горно-долинная циркуляция	9
1.5 Острова тепла и градостроительная политика	11
1.6 Влияние метеофакторов на загрязнение воздуха.....	14
1.7 Моделирование атмосферных процессов	17
2 Красноярская лесостепная котловина	19
2.1 Краткие сведения о геоморфологии и гидрологии	19
2.2 Описание почв и растительности.....	21
2.3 Климатическая характеристика.....	22
2.4 Исторический анализ проблемы загрязнения атмосферного воздуха в Красноярске	24
2.5 Современное состояние проблемы	26
2.6 Проблемы государственного экологического мониторинга	31
3 Район, объекты и методы исследования	33
4 Результаты исследования и их обсуждение	38
4.1 Исследование участков с повышенным ветропотенциалом.....	38
4.2 Проведение натурных измерений над руслом реки Енисей.....	41
4.3 Анализ многолетних данных о скоростях ветра	46
4.4 Влияние солнечной активности на скорости ветра.....	59
4.5 Измерение температуры земной поверхности и концентраций мелкодисперсной пыли на различных участках	61
4.6 Связь метеофакторов и концентраций загрязняющих веществ	63

4.7	Влияние фейерверков на загрязнение атмосферного воздуха в связи с неблагоприятными метеоусловиями	72
4.8	Связь ИЗА-5 с валовым объемом выбросов в Красноярске	76
4.9	Анализ движения воздушных масс в Красноярске с позиции островов тепла	77
4.10	Цифровая модель рельефа города Красноярска	81
4.11	Рекомендации по решению проблемы загрязнения атмосферного воздуха в Красноярске	83
	Заключение	87
	Список использованных источников	89
	Приложение.....	105-109

ВВЕДЕНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения, 91% людей мира живет на территориях, где качество атмосферного воздуха не соответствует рекомендуемым ВОЗ требованиям. 4,2 миллиона смертей каждый год являются результатом загрязнения атмосферного воздуха [1].

Повышенное содержание в атмосферном воздухе загрязняющих веществ может оказать токсический эффект на такие «мишени», как органы дыхания, иммунная, нервная, мочеполовая, костно-мышечная системы, система кровообращения и крови, кроветворных органов, слизистая оболочка глаз, а также развитие злокачественных новообразований [2].

В целом по Российской Федерации в 2017 году было отмечено 1,7 млн экологически обусловленных заболеваний, 2,8% случаев смертей населения от болезней органов дыхания и 0,4% – от злокачественных новообразований, ассоциированных с химическим загрязнением атмосферного воздуха [3].

По данным Роспотребнадзора, загрязнение атмосферного воздуха занимает лидирующее место среди факторов риска здоровью населения, связанных с окружающей средой. В 2017 году утрата трудоспособности в связи с неудовлетворительным качеством окружающей среды составила в Российской Федерации около 26,3 млн рабочих дней, что оценивается в 118 млрд рублей недопроизведенного ВВП [1]. Все это доказывает *актуальность* исследований в области загрязнения атмосферного воздуха и влияющих на это факторов.

Данная проблема крайне актуальна и для Красноярска. По результатам опроса, проведенного в сентябре 2016 года, из 1061 респондента 45% признало, что быть здоровым в городе с таким количеством автомобилей и промышленных предприятий невозможно. Но, несмотря на обилие исследований и общее валовое снижение выбросов, до сих пор достаточно слабо признается серьезное влияние метеоусловий, климата и орографии на рассеивание загрязняющих веществ.

Объектом данного исследования является загрязнение атмосферного воздуха в городе Красноярске. **Предметом** – влияние метеорологических и других эколого-географических условий на загрязнение воздуха в городе Красноярске.

Целью исследования является изучение влияния метеорологических условий на загрязнение воздуха в городе Красноярске.

Для достижения данной цели были поставлены **задачи**:

1. Провести измерения скоростей ветра в различных точках города, проанализировать фактические данные федеральной сети наблюдения и ГПЗ «Столбы» о скоростях ветра в Красноярске;
2. Изучить влияние солнечной активности и островов тепла на движение ветровых потоков в Красноярске с выполнением измерений температуры земной поверхности и верификацией данных, полученных в ИК-диапазоне спутником Landsat-8;
3. Изучить влияние метеофакторов на концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Красноярска с использованием фактических данных региональной сети наблюдения и цифровой модели рельефа.

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц текстового документа, 37 иллюстраций, 3 таблицы, 5 приложений и 148 использованных источников, в том числе 31 – на иностранном языке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С середины XX века в Красноярске можно отметить снижение потенциала самоочищения атмосферы. Амплитуда скоростей ветра на метеостанции Опытное поле между годами с максимальной (1977) и минимальной (2016) среднегодовыми скоростями ветра составила 1,78 м/с, упав на 47%, произошло смещение сезонных пиков максимальных скоростей ветра. Среднегодовая скорость ветра в 2016 году является минимальной за последние 50 лет для метеостанций Красноярск, Опытное поле и Столбы.

Выявленные закономерности соответствуют общей тенденции к увеличению повторяемости низких скоростей ветра по данным 1457 станций северного полушария. В конце первого десятилетия XXI века падение скоростей ветра в Красноярске, по нашему мнению, определяется увеличением влияния мощности Сибирского антициклона. Явление имеет, предположительно, циклический характер.

На станции Красноярск, расположенной в пределах плотной городской застройки, в 2006 году зафиксированы резкий перелом среднегодовой скорости ветра, выразившийся в увеличении ее на 43%, снижение количества штилей в 2,6 раз. На 4 из 7 постов Среднесибирского УГМС, по сравнению с метеостанцией Опытное поле, среднегодовые скорости ветра возросли на 32-181%; процент штилей также вырос на 5 постах по сравнению с Опытным полем на 53-564%.

В пределах Красноярской лесостепной котловины, в целом имеющей невысокий ветропотенциал, выявлены перспективные места для локального развития ветроэнергетики: западное оголовье о. Татышев и Караульная гора. При этом над руслом реки Енисей минутная скорость ветра увеличивается до 3,7 м/с по сравнению с фоном.

2. В пределах города Красноярска тесная связь солнечной активности, антропогенных островов тепла с ветровым режимом города не выявлена. Ветровой режим определяется преимущественно глобальной циркуляцией

атмосферы, природным и техногенным рельефом. Данные натурных измерений температуры земной поверхности верифицируются данными в ИК-диапазоне, полученными со спутника Landsat-8.

3. На основе анализа фактических данных постов ЦРМПиООС, апрель и май являются самыми ветренными месяцами, что в сочетании с низкой влажностью обуславливает низкие концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы Красноярска. На высокий уровень загрязнения в январе влияет низкая температура, повышенное атмосферное давление, большой процент штилей и отсутствие жидких осадков.

При прогнозировании уровня загрязнения атмосферы в условиях инверсий температуры пограничного слоя может использоваться созданная цифровая модель рельефа города Красноярска, позволяющая рассчитывать экологическую емкость атмосферы с целью определения временных границ достижения ПДК_{мр} загрязняющих веществ.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 И.Н. Безкоровайна
подпись инициалы, фамилия

« 01 » 04 2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Метеорологические условия как фактор загрязнения

тема

атмосферного воздуха города Красноярска

05.03.06 – Экология и природопользование

05.03.06.01 – Экология


код – наименование направления

Выпускник

 26.06.19
подпись, дата

Д.В. Злобин
инициалы, фамилия

Научный руководитель

26.06.19  доцент, к.г.н. Р.А. Шарафутдинов
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 1 07 19
подпись, дата

П.А. Красноперова
инициалы, фамилия

Красноярск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Эколого-географические условия загрязнения воздуха.....	6
1.1 Загрязнение атмосферного воздуха в России.....	6
1.2 Глобальное изменение скоростей ветра.....	7
1.3 Влияние солнечной активности на атмосферные процессы.....	8
1.4 Горно-долинная циркуляция.....	9
1.5 Острова тепла и градостроительная политика.....	11
1.6 Влияние метеофакторов на загрязнение воздуха.....	14
1.7 Моделирование атмосферных процессов.....	17
2 Красноярская лесостепная котловина.....	19
2.1 Краткие сведения о геоморфологии и гидрологии.....	19
2.2 Описание почв и растительности.....	21
2.3 Климатическая характеристика.....	22
2.4 Исторический анализ проблемы загрязнения атмосферного воздуха в Красноярске.....	24
2.5 Современное состояние проблемы.....	26
2.6 Проблемы государственного экологического мониторинга.....	31
3 Район, объекты и методы исследования.....	33
4 Результаты исследования и их обсуждение.....	38
4.1 Исследование участков с повышенным ветропотенциалом.....	38
4.2 Проведение натурных измерений над руслом реки Енисей.....	41
4.3 Анализ многолетних данных о скоростях ветра.....	46
4.4 Влияние солнечной активности на скорости ветра.....	59
4.5 Измерение температуры земной поверхности и концентраций мелкодисперсной пыли на различных участках.....	61
4.6 Связь метеофакторов и концентраций загрязняющих веществ.....	63

4.7	Влияние фейерверков на загрязнение атмосферного воздуха в связи с неблагоприятными метеоусловиями.....	72
4.8	Связь ИЗА-5 с валовым объемом выбросов в Красноярске	76
4.9	Анализ движения воздушных масс в Красноярске с позиции островов тепла	77
4.10	Цифровая модель рельефа города Красноярска.....	81
4.11	Рекомендации по решению проблемы загрязнения атмосферного воздуха в Красноярске.....	83
	Заключение	87
	Список использованных источников	89
	Приложение.....	105-109

ВВЕДЕНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения, 91% людей мира живет на территориях, где качество атмосферного воздуха не соответствует рекомендуемым ВОЗ требованиям. 4,2 миллиона смертей каждый год являются результатом загрязнения атмосферного воздуха [1].

Повышенное содержание в атмосферном воздухе загрязняющих веществ может оказать токсический эффект на такие «мишени», как органы дыхания, иммунная, нервная, мочеполовая, костно-мышечная системы, система кровообращения и крови, кроветворных органов, слизистая оболочка глаз, а также развитие злокачественных новообразований [2].

В целом по Российской Федерации в 2017 году было отмечено 1,7 млн экологически обусловленных заболеваний, 2,8% случаев смертей населения от болезней органов дыхания и 0,4% – от злокачественных новообразований, ассоциированных с химическим загрязнением атмосферного воздуха [3].

По данным Роспотребнадзора, загрязнение атмосферного воздуха занимает лидирующее место среди факторов риска здоровью населения, связанных с окружающей средой. В 2017 году утрата трудоспособности в связи с неудовлетворительным качеством окружающей среды составила в Российской Федерации около 26,3 млн рабочих дней, что оценивается в 118 млрд рублей недопроизведенного ВВП [1]. Все это доказывает **актуальность** исследований в области загрязнения атмосферного воздуха и влияющих на это факторов.

Данная проблема крайне актуальна и для Красноярска. По результатам опроса, проведенного в сентябре 2016 года, из 1061 респондента 45% признало, что быть здоровым в городе с таким количеством автомобилей и промышленных предприятий невозможно. Но, несмотря на обилие исследований и общее валовое снижение выбросов, до сих пор достаточно слабо признается серьезное влияние метеоусловий, климата и орографии на рассеивание загрязняющих веществ.

Объектом данного исследования является загрязнение атмосферного воздуха в городе Красноярске. **Предметом** – влияние метеорологических и других эколого-географических условий на загрязнение воздуха в городе Красноярске.

Целью исследования является изучение влияния метеорологических условий на загрязнение воздуха в городе Красноярске.

Для достижения данной цели были поставлены **задачи**:

1. Провести измерения скоростей ветра в различных точках города, проанализировать фактические данные федеральной сети наблюдения и ГПЗ «Столбы» о скоростях ветра в Красноярске;
2. Изучить влияние солнечной активности и островов тепла на движение ветровых потоков в Красноярске с выполнением измерений температуры земной поверхности и верификацией данных, полученных в ИК-диапазоне спутником Landsat-8;
3. Изучить влияние метеофакторов на концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Красноярска с использованием фактических данных региональной сети наблюдения и цифровой модели рельефа.

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц текстового документа, 37 иллюстраций, 3 таблицы, 5 приложений и 148 использованных источников, в том числе 31 – на иностранном языке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С середины XX века в Красноярске можно отметить снижение потенциала самоочищения атмосферы. Амплитуда скоростей ветра на метеостанции Опытное поле между годами с максимальной (1977) и минимальной (2016) среднегодовыми скоростями ветра составила 1,78 м/с, упав на 47%, произошло смещение сезонных пиков максимальных скоростей ветра. Среднегодовая скорость ветра в 2016 году является минимальной за последние 50 лет для метеостанций Красноярск, Опытное поле и Столбы.

Выявленные закономерности соответствуют общей тенденции к увеличению повторяемости низких скоростей ветра по данным 1457 станций северного полушария. В конце первого десятилетия XXI века падение скоростей ветра в Красноярске, по нашему мнению, определяется увеличением влияния мощности Сибирского антициклона. Явление имеет, предположительно, циклический характер.

На станции Красноярск, расположенной в пределах плотной городской застройки, в 2006 году зафиксированы резкий перелом среднегодовой скорости ветра, выразившийся в увеличении ее на 43%, снижение количества штилей в 2,6 раз. На 4 из 7 постов Среднесибирского УГМС, по сравнению с метеостанцией Опытное поле, среднегодовые скорости ветра возросли на 32-181%; процент штилей также вырос на 5 постах по сравнению с Опытным полем на 53-564%.

В пределах Красноярской лесостепной котловины, в целом имеющей невысокий ветропотенциал, выявлены перспективные места для локального развития ветроэнергетики: западное оголовье о. Татышев и Караульная гора. При этом над руслом реки Енисей минутная скорость ветра увеличивается до 3,7 м/с по сравнению с фоном.

2. В пределах города Красноярска тесная связь солнечной активности, антропогенных островов тепла с ветровым режимом города не выявлена. Ветровой режим определяется преимущественно глобальной циркуляцией атмосферы, природным и техногенным рельефом. Данные натурных измерений

температуры земной поверхности верифицируются данными в ИК-диапазоне, полученными со спутника Landsat-8.

3. На основе анализа фактических данных постов ЦРМПиООС, апрель и май являются самыми ветренными месяцами, что в сочетании с низкой влажностью обуславливает низкие концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы Красноярска. На высокий уровень загрязнения в январе влияет низкая температура, повышенное атмосферное давление, большой процент штилей и отсутствие жидких осадков.

При прогнозировании уровня загрязнения атмосферы в условиях инверсий температуры пограничного слоя может использоваться созданная цифровая модель рельефа города Красноярска, позволяющая рассчитывать экологическую емкость атмосферы с целью определения временных границ достижения ПДК_{мр} загрязняющих веществ.