

УДК 528.91:502.3:66.014

DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-3-192-200

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА

Ольга Николаевна Николаева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

Геннадий Павлович Мартынов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доцент кафедры высшей математики, тел. (383)343-25-77, e-mail: martynov@ssga.ru

Анастасия Викторовна Могильникова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, обучающийся, тел. (951)384-48-51, e-mail: mogilnikova_nastya@mail.ru

Статья посвящена анализу проблемы снижения концентрации кислорода в атмосферном воздухе крупных населенных пунктов. Высказана гипотеза о взаимосвязи снижения уровня кислорода и сокращения площади городских зеленых насаждений. Предложено использовать картографический метод исследования для получения более полной информации о сокращении площади городского озеленения за длительный промежуток времени. Представлены результаты статистического анализа концентрации кислорода в атмосферном воздухе г. Сочи за 50 лет. Подтвержден факт устойчивого многолетнего тренда снижения концентрации кислорода в атмосферном воздухе г. Сочи по сравнению со значениями в Москве и в среднем по России. Представлена последовательность сбора и обработки разновременных картографических данных за 50 лет, находящихся в свободном доступе. Описаны картографические работы по сопоставлению и анализу собранных материалов в среде ГИС. Сделаны предварительные выводы о работоспособности ранее поставленной гипотезы. Отмечен факт низкой обеспеченности территории г. Сочи картографическими материалами, изданными после 2000 г. и имеющими точную координатную основу. Намечены перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: статистический анализ, картографический метод исследования, концентрация кислорода, населенные пункты, городское озеленение, цифровые карты, топографические карты, ГИС, ГИС-технологии.

Введение

Промышленные центры являются основными концентраторами источников техногенного воздействия на локальной территории. Развитие и диверсификация различных отраслей промышленности и транспорта оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду, что проявляется в интенсивном загрязнении всех природных компонентов, входящих в ее состав. При этом наибольшее влияние на здоровье городского населения оказывают нарушения состава атмосферного воздуха, поскольку данный вид загрязнения воздействует на все слои населения как промышленного центра,

так и пригородных территорий [1-3]. Наиболее очевидным из негативных факторов является повышение концентрации тех или иных химических элементов и соединений в атмосферном воздухе населенных пунктов, и именно оно зачастую учитывается при ведении экологических и эколого-гигиенических исследований [1, 2]. При этом недостаточное внимание уделяется такой проблеме, как снижение концентрации кислорода в воздухе городской территории. Хроническая недообеспеченность атмосферным кислородом влечет за собой снижение его концентрации в тканях и органах человеческого организма, изменения состава крови, нарушения памяти, вегето-сосудистой системы и пр. [4].

В современных условиях, когда наблюдается интенсивный прирост городских застроенных территорий, одной из причин снижения концентрации кислорода в воздухе городской территории является сокращение площади городских зеленых насаждений. В установлении и изучении данной зависимости важную роль играет картографический метод исследования, который позволяет решить следующие задачи:

- установление территориальных закономерностей концентраций кислорода в атмосферном воздухе промышленного центра;
- анализ динамики сокращения площадей городских зеленых насаждений (в том числе - с использованием многолетних архивных картографических данных) [5, 6];
- геопространственное моделирование показателей, выражающих корреляцию концентраций кислорода и обеспеченности зелеными насаждениями на различных участках городской территории.

Материалы и методы

В качестве района работ был выбран Большой Сочи – агломерация населенных пунктов, расположенная вдоль побережья Черного моря от р. Шепси до р. Псоу. Изначально здесь располагалась цепочка сравнительно небольших курортных городов, однако в ходе подготовки к проведению Олимпиады 2014 г. в результате обширных строительных работ территория практически превратилась в единый населенный пункт площадью 3 506 кв. км (для сравнения: площадь Москвы – 2 561 кв. км) с населением около 330 тыс. чел. [7].

Система мониторинга за качеством атмосферного воздуха в г. Сочи включает в себя два стационарных поста, расположенных в Центральном и Хостинском районах. Стандартная программа наблюдений Росгидромета не предусматривает определение на этих постах концентрации кислорода в атмосферном воздухе. Поэтому с использованием общедоступных исходных климатических данных [8] были выполнены исследования на основе многолетних (с 1967 по 2015 г.) климатических данных по городу Сочи, которые позволили оценить динамику изменений

и возможную взаимосвязь следующих четырех климатических факторов окружающей среды: температуры воздуха (фактор X), относительной влажности воздуха (фактор Y), атмосферного давления (фактор P) и концентрации кислорода в воздухе (фактор Z). Для проверки гипотезы о нормальности типа распределения каждого фактора и выявления возможных зависимостей факторов между собой применялись методы математической статистики, осуществлялось построение графиков линий регрессии и изучался разброс данных относительно этих линий.

Картографический метод исследования призван помочь выполнить анализ архивных и современных данных о динамике площадей городских зеленых насаждений в г. Сочи. На начальной стадии исследований было принято решение выполнить сбор и геоинформационный анализ архивных и современных источников, представленных в свободном доступе в глобальной сети Интернет.

Результаты и обсуждение

Результаты статистического анализа данных о динамике изменений основных климатических факторов окружающей среды на территории г. Сочи за 1967–2015 гг. представлены на рис. 1 [9]. Сформированные графики позволили сделать следующие выводы:

- температура воздуха (фактор X) повышается по годам (рис. 1, *а*), при этом в среднем в июне она составляет примерно 21 °С. Данная тенденция наблюдается регулярно в теплое время года (май – октябрь);
- влажность воздуха (фактор Y) с октября по май практически постоянна (около 75 %) во времени. Более детально изменения среднемесячной относительной влажности (в процентах) воздуха во времени представлены на рис. 1, *б*. График отчетливо показывает, что в холодное время года (октябрь – май) средняя влажность воздуха мало меняется по годам. В теплое время (июнь – сентябрь) наблюдается совершенно иная картина: в разные годы значения влажности воздуха составляли от 75 до 85 %;
- атмосферное давление (фактор P , в гектопаскалях; 1 000 гПа эквивалентно 764 мм

ртутного столба) в теплое время года (май – октябрь) имеет тенденцию к понижению во времени (см. рис. 1, *в*);

– среднемесячная концентрация кислорода (г/куб. м) в воздухе во времени (фактор Z) стабильно снижается, начиная с 1970 г. (см. рис. 1, *з*). Особенно ярко выражен этот процесс в зимнее время года (январь – октябрь), когда на большей части зеленых насаждений отсутствует листва и выработка

ими кислорода минимальна. Но даже во время вегетационного периода (май – сентябрь) концентрация кислорода находится в диапазоне от 270 до 280 г/куб. м. Это гораздо ниже, чем в населенных пунктах Московской области [10, 11], которые не подвергались столь интенсивному сокращению площади озеленения, а также ниже среднего для России значения в 292,2 кг/куб. м (указано среднее значение за 2000–2013 гг.) [12].

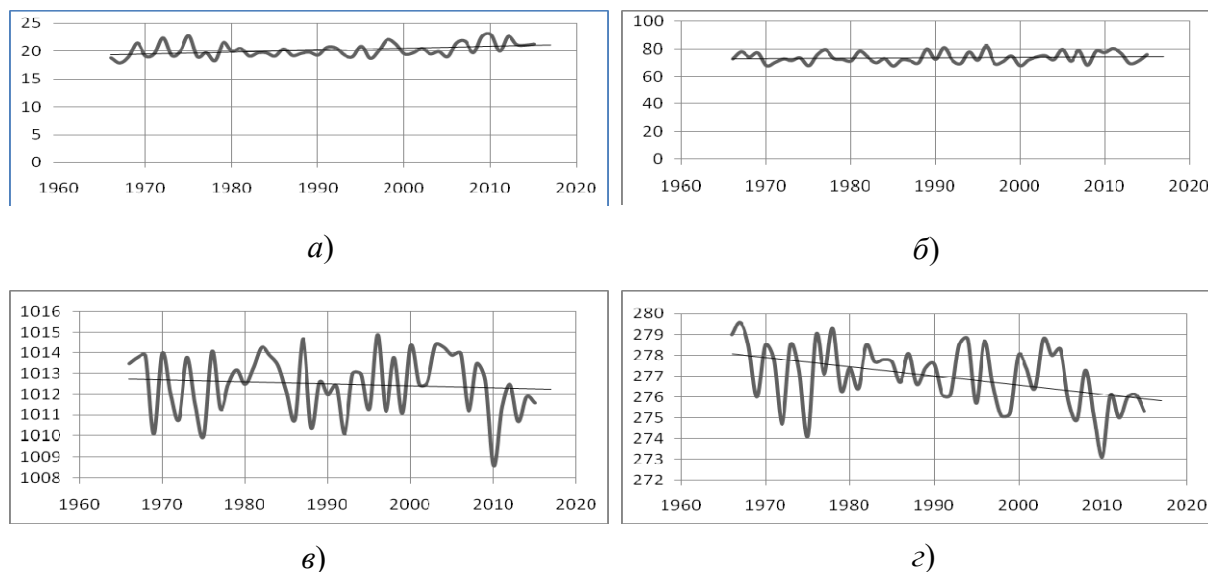


Рис. 1. Динамика изменений температуры воздуха (фактор X), относительной влажности воздуха (фактор Y), атмосферного давления (фактор P) и концентрации кислорода в воздухе (фактор Z):

а) динамика по годам фактора X (июнь); *б*) динамика по годам фактора Y (март); *в*) динамика по годам фактора P (июнь); *з*) динамика по годам фактора Z (июнь)

Для подтверждения достоверности полученных результатов по всем факторам (X , Y , P и Z) была выполнена проверка на нормальность законов их распределений [9]. Как визуальное сопоставление гистограмм частот наблюдаемых факторов с расчетной увеличенной кривой Гаусса, так и использование метода, изложенного в [13] для более точной проверки нормальности распределений с помощью критерия согласия χ^2 , установили, что:

– значения концентрации кислорода в атмосферном воздухе г. Сочи в течение всех месяцев года распределены по нормальному закону;

– значения температуры, влажности и давления в течение 9 месяцев года также распределены согласно нормальному закону.

Таким образом, можно сделать вывод о методологической корректности реализации предыдущих этапов статистического исследования.

Далее выполнялась проверка гипотез о парной корреляции вышеперечисленных четырех факторов. С этой целью были рассчитаны коэффициенты парной корреляции. По результатам расчетов было установлено:

– для пары факторов P , Z (атмосферное давление и концентрация кислорода) коэффициент корреляции варьировался в пределах от (+0,822 6) до (+0,528 2), что позволяет судить о заметной или высокой силе связи между этими факторами по шкале Чеддока;

– для пары факторов X , Z (температура и содержание кислорода) коэффициент корреляции

ляции изменялся в пределах от $(-0,949\ 5)$ до $(-0,863\ 0)$, что свидетельствует о высокой силе связи. Однако в данном случае корреляционная зависимость является обратной. Это соответствует результатам исследований в области физиологии растений, согласно которым, для растений средней полосы России оптимальная для успешного фотосинтеза температура воздуха не должна превышать $25\ ^\circ\text{C}$ [14].

– для пар факторов Y , Z (влажность воздуха и интересующий нас признак – содержание кислорода), P и X (атмосферное давление и температура воздуха), P и Y (атмосферное давление и влажность воздуха) корреляционная связь либо отсутствовала, либо оказалась пренебрежимо слабой.

Таким образом, корреляционный анализ позволил подтвердить исходное предположение, что концентрация кислорода в атмосферном воздухе г. Сочи в значительной степени обуславливается биологической деятельностью зеленых насаждений и слабо зависит от других климатических факторов, характерных для прибрежных территорий со сложным предгорным рельефом.

На последнем этапе статистической части исследования выполнялось построение графиков линейной регрессии для зависимых пар факторов P , Z и X , Z и изучение разброса данных наблюдений относительно этих графиков [9]. Прослеживались небольшие отклонения данных наблюдений относительно теоретической линии регрессии, однако в целом для обеих пар факторов зависимость была достаточно четко выражена с помощью уравнения линейной регрессии [10, 11].

Исследование уравнений парной линейной регрессии для пары факторов X , Z и пары P , Z позволили сделать следующий прогноз:

– увеличение средней температуры августа на $10\ ^\circ\text{C}$ (динамика изменения температуры летних месяцев как раз показывает тенденцию к росту температуры летом) приведет к уменьшению содержания кислорода в 1 куб. м воздуха примерно на 10 г;

– увеличение среднего атмосферного давления этого месяца на 20 гПа приведет к увеличению содержания кислорода в 1 куб. м воздуха приблизительно на 13 г.

Выполнение дальнейших исследований, связанных с установлением причины посто-

янной отрицательной динамики концентрации кислорода в атмосферном воздухе г. Сочи, предполагает изучение процесса сокращения площади городского озеленения. Факт деградации городских зеленых насаждений признается действующей нормативной документацией [15], однако конкретные статистические данные, представленные в открытом доступе, фрагментарны и не могут быть обработаны традиционными статистическими методами. Поэтому было принято решение об использовании картографического метода исследования для обработки архивных и современных картографических материалов на территорию г. Сочи и определения площади городского озеленения в разные годы средствами ГИС-технологий.

Планируемая последовательность выполнения работ включала в себя следующие этапы:

1. Сбор и сортировка архивных картографических материалов на территорию г. Сочи, созданных в период интенсификации развития города (с 1950-х гг. XX в. по настоящее время).

2. Геопривязка и приведение в единую систему координат архивных картматериалов.

3. Векторизация архивных картматериалов. Для каждой геопривязанной карты определен следующий перечень слоев: административная граница города (полигон); застроенные территории (без выделения типов застройки); городские зеленые насаждения (без выделения типов насаждений).

4. Определение средствами ГИС по каждой из оцифрованных карт следующих статистических показателей: общая площадь городской территории; общая площадь застроенных территорий; общая площадь, занятая объектами озеленения.

5. Формирование сводной базы данных метрических характеристик зеленых насаждений г. Сочи; сопоставление полученных сведений с отчетными данными органов управления городским хозяйством г. Сочи (для тех лет, на которые эти данные имеются).

6. Сбор архивных и современных материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на территорию г. Сочи.

7. Геопривязка, векторизация и ГИС-анализ материалов ДЗЗ по аналогии с действиями, выполнявшимися для архивных картографических материалов.

8. Дополнение и корректировка сводной базы данных метрических характеристик зеленых насаждений г. Сочи в соответствии с результатами пространственного анализа материалов ДЗЗ.

9. Выполнение статистического анализа данных о динамике концентрации кислорода в атмосферном воздухе г. Сочи и данных о динамике площади городского озеленения; формулирование окончательных выводов исследования.

Далее будут более подробно охарактеризованы уже выполненные этапы работ.

Практическая реализация запланированных работ была начата со сбора источников исходных геопространственных данных о планировке и структуре г. Сочи в разные годы. Был выполнен сбор архивных карт, представленных в открытых источниках [16–18]. При этом предпочтение отдавалось топографическим картам, поскольку на них в явном виде представлена координатная сетка и проекция, что облегчало бы процесс их геопривязки. Самая ранняя из найденных карт датировалась 1968 г., самая поздняя – 1989 г. Также значительное количество источников было отбраковано из-за отсутствия на них информации о годе составления (обновления). Более свежие картографические

источники сводились к разнообразным туристским картам и картосхемам, составленным со значительными искажениями в математической и графической части, и потому для анализа непригодными. Исключение составляет лишь публичная кадастровая карта Сочи [19], которая была использована для получения наиболее актуальной информации.

Для уточнения сведений о современной планировочной структуре г. Сочи были использованы материалы аэрокосмической съемки [20], представленные в открытом доступе.

Систематизация и сопоставление собранных графических материалов выполнялись в ГИС MapInfo. Не для всех отобранных архивных источников удалось добиться идеального совпадения картографического изображения в силу неизбежных погрешностей при сканировании и сшивке, допущенных владельцами карт при их публикации в Интернете. Работа над уточнением координатной привязки таким источников ведется в настоящее время с привлечением специализированных программных средств. Успешно было выполнено совмещение картографических материалов 1968 г., 1989 г. и 2019 г. Их анализ подтвердил предположение о значительном сокращении площадей озеленения г. Сочи за 2-ю половину XX в. и начало XXI в. (рис. 2).

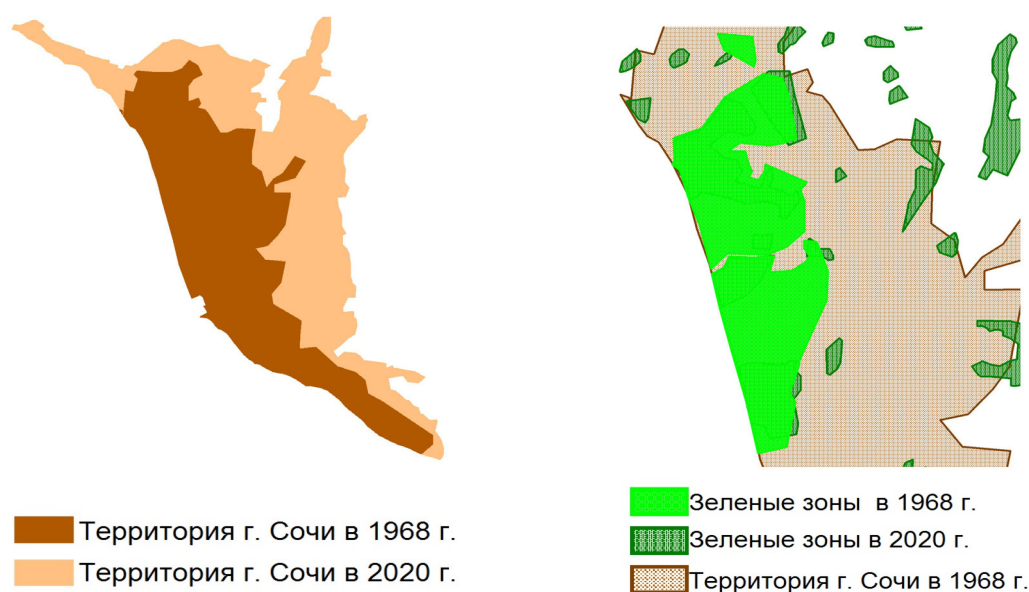


Рис. 2. Предварительные результаты картографического анализа территориальных изменений в г. Сочи:

а) прирост территории г. Сочи с 1968 по 2020 г.; б) сокращение площади зеленых зон в центральной части г. Сочи

Однако изучение истории территориального развития г. Сочи выявило, что резкое сокращение территорий, занятых зелеными насаждениями, началось в основном после 2000 г. Поэтому для более детального изучения ситуации в период с 2000 по 2020 гг. был произведен заказ дополнительного пакета архивных и современных материалов ДЗЗ высокого пространственного разрешения на Геопортале данных ДЗЗ Роскосмоса.

Заключение

Выполненные работы позволили сформулировать следующие выводы:

– статистическими исследованиями подтверждено, что начиная с 1970-х гг. в атмосферному воздухе г. Сочи происходит постоянное снижение концентрации кислорода. При этом даже в вегетационный период ее значения находятся в диапазоне от 270 до 280 г/куб. м, что меньше среднероссийского показателя, а также показателя, характерного для г. Москвы (крупного промышленного центра с высокой промышленной и транспортной нагрузкой на окружающую среду). Статистический анализ позволил исключить влияние других климатических факторов, что, с учетом архитектурной и градостроительной истории развития Сочи, позволило сформулировать гипотезу о наличии прямой

зависимости между снижением концентрации кислорода и сокращением площадей зеленых насаждений;

– картографический метод исследования позволяет уточнить метрические характеристики городских зеленых насаждений путем визуального и ГИС-анализа архивных и современных картографических материалов и данных ДЗЗ. Наибольшее затруднение, однако, представляет этап сбора исходных данных в силу разрозненности и разобщенности банков архивных картографических произведений, а также низкого графического качества и неясной датировки многих картографических материалов, сканирование и публикация которых выполнялись неспециалистами. Наиболее целесообразным представляется использование для анализа архивных и современных генеральных планов г. Сочи, однако их получение затруднено в силу технических и бюрократических ограничений. Тем не менее, реализованная часть исследований позволила подтвердить гипотезу о наличии прямой зависимости между снижением концентрации кислорода и сокращением площадей зеленых насаждений. Получение архива материалов ДЗЗ за 2000–2020 гг. и их анализ в геоинформационной среде повысят объективность исследований и позволят сформулировать достоверные выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прокопова А. Ю. Загрязнение воздуха – один из основных факторов риска для здоровья населения // Смоленский медицинский альманах. – 2015. – № 3. – С. 115–117.
2. Бурима Л. Я. Окружающая среда и здоровье населения // Вестник Прикамского социального института. – 2019. – № 1 (82). – С. 91–99.
3. Ревич Б. А. Приоритетные факторы городской среды, влияющие на качество жизни населения мегаполисов // Проблемы прогнозирования. – 2018. – № 3 (168). – С. 58–66.
4. Литвицкий П. Ф. Гипоксия // Вопросы современной педиатрии. – 2016. – Т. 15, № 1. – С. 45–58.
5. Инвентаризация городских зеленых насаждений средствами ГИС / Л. К. Трубина, О. Н. Николаева, П. И. Муллаярова, Е. И. Баранова // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 107–118.
6. Муллаярова П. И., Николаева О. Н., Трубина Л. К. Геоэкологическая оценка и картографирование состояния озелененных территорий специального назначения // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 4. – С. 262–274.
7. Стратегия инвестиционного развития муниципального образования город-курорт Сочи до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://sochi.ru/gorodskaya-vlast/normativno-pravovyye-akty/?ELEMENT_ID=3043 (дата обращения: 10.05.2020).
8. Архивы погоды по городам России / ред. Гавришев А. Н. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://climate-energy.ru/weather/archive_weather_276120.php (дата обращения: 10.05.2020).
9. Мартынов Г. П., Могильникова А. В. Анализ статистики данных погоды города Сочи за 50 лет // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Международ. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Ди-

станционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 24–26 апреля 2019 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. – Т. 4, № 2. – С. 89–97.

10. Мартынов Г. П., Могильникова А. В. Статистический анализ изменений метеорологических данных Московской области за 30 лет // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 2. – С. 188–195.

11. Могильникова А. В., Мартынов Г. П. Применение современного программного STATISTICA для анализа больших массивов данных по содержанию кислорода в воздухе Москвы за период с 1983 по 2012 годы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2018. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 2. – С. 297–306.

12. Распределение содержания кислорода в воздухе по территории России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://climate-energy.ru/weather/oxug/karta_oxug_inter.html (дата обращения: 10.05.2020)

13. Редикарцева Е. М., Карпик П. А. Математическое моделирование зависимости уровня

воды в реке Оби в городе Новосибирске от сброса воды на Новосибирской ГЭС // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Том 22, № 4. – С. 237–242.

14. Казазаев В. В., Шагалин Д. А. Фотосинтез С3-растений: основные факторы и математические модели // Математика и ее приложения: фундаментальные проблемы науки и техники : сборник трудов всероссийской конференции. – Барнаул : Алтайский государственный университет, 2015. – С. 273–278.

15. О состоянии зеленых зон на территории отдельных муниципальных образований Краснодарского края : постановление Законодательного собрания Краснодарского края от 21.10.2015 № 1938-П [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/430655853> (дата обращения: 10.05.2020).

16. ЭтоМесто [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etomesto.ru/> (дата обращения: 10.05.2020).

17. Retromap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.retromap.ru/> (дата обращения: 10.05.2020).

18. Топографические карты. К-37 – Сочи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mapk37.narod.ru> (дата обращения: 10.05.2020).

19. Публичная кадастровая карта Сочи на 26.05.2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://egrp365.ru/map/?id=g3XAnH> (дата обращения: 26.05.2020).

20. GoogleMaps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/maps> (дата обращения: 12.05.2020).

Получено 28.05.2020

© О. Н. Николаева, Г. П. Мартынов, А. В. Могильникова, 2020

THE CARTOGRAPHIC TECHNIQUE FOR THE STUDY OF CHEMICAL COMPOSITION OF THE URBAN AIR ENVIRONMENT

Olga N. Nikolaeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Dr. Sc., Professor, Department of Ecology and Environmental Management, phone: (383)361-06-86, e-mail: onixx76@mail.ru

Gennadiy P. Martynov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, phone: (383)343-25-77, e-mail: martynov@ssga.ru

Anastasia V. Mogil'nikova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (951)384-48-51, e-mail: mogilnikova_nastya@mail.ru

The article deals with the problem of reducing of oxygen concentration in the urban air environmental. A hypothesis was put forward on the relationship between a decrease in oxygen levels and a reduction of urban green spaces. It was decided to use the cartographic technique to gather more complete information about reducing of urban gardening over a long period of time. The results of a statistical analysis of oxygen concentration in the atmospheric air of Sochi for 50 years are presented. The fact of a steady long-term trend of a decrease in the concentration of oxygen in the atmospheric air of Sochi in comparison with the values in Moscow and on average in Russia is confirmed. The sequence of collection and processing of freeware multi-temporal cartographic data for 50 years is presented. The stages of GIS-analysis of gathered materials are described. Preliminary conclusions are made about the validity of the hypothesis. The lack of modern accurate cartographic data of Sochi is noted. Prospects for further research are outlined.

Key words: statistical analysis, cartographic technique, oxygen concentration, settlements, urban landscaping, digital maps, topographic maps, GIS, GIS technologies.

REFERENCES

1. Prokopova A. Yu. (2015). Zagryaznenie vozduha – odin iz osnovnyh faktorov riska dlya zdorov'ya naseleniya [Air pollution is one of the main risk factors for public health]. *Smolenskij medicinskij al'manah [Smolensk medical almanac]*, 3, 115-117. [in Russian].
2. Burima L. Ya. (2019). Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e naseleniya [Environment and public health]. *Vestnik Prikamskogo social'nogo instituta [Bulletin of the Prikamsky social institute]*, 1 (82), 91-99. [in Russian].
3. Revich B. A. (2018). Prioritetnye factory gorodskoj sredy, vliyayushchie na kachestvo zhizni naseleniya megapolisov [Priority factors of the urban environment affecting the quality of life of the population of megacities]. *Problemy prognozirovaniya [Problems of forecasting.]*, 3 (168), 58-66. [in Russian].
4. Litvickij P. F. (2016). Gipoksiya [Hypoxia]. *Voprosy sovremennoj pediatrii [Questions of modern pediatrics]*, 15, 1, 45-58. [in Russian].
5. Trubina, L. K., Nikolaeva, O. N., Mullayarova P. I. (2017). Inventarizaciya gorodskih zelenyh nasazhdenij sredstvami GIS [GIS-based inventory of urban green spaces]. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(3), 107–117. [in Russian].
6. Mullayarova P. I., Nikolaeva, O. N., Trubina, L. K. (2018). Geoekologicheskaya ocenka i kartografirovanie sostoyaniya ozelenennyh territorij special'nogo naznacheniya [Geoecological assessment and mapping of urban road verges]. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23 (4), 262–274. [in Russian].
7. Strategiya investicionnogo razvitiya municipal'nogo obrazovaniya gorod-kurort Sochi do 2020 goda [Strategy for the investment development of the municipal formation of the resort city of Sochi until 2020]. [Electronic resource] – Mode of access: https://sochi.ru/gorodskaya-vlast/normativno-pravovyye-akty/?ELEMENT_ID=3043.
8. Weather statistics for years; Gavrishev A. N. (Ed.) [Electronic resource] – Mode of access: https://climate-energy.ru/weather/archive_weather_276120.php.
9. Mogil'nikova, A.V., Martynov, G. P. (2019). Statistical analysis of weather data of the city of Sochi for 50 years // In *Sbornik materialov Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa: Interekspo GEO-Sibir'-2019. XV Mezhdunarodnojnauchnyj kongress. Vol. 4. «Distancionnye metody zondirovaniya Zemli il fotogrammetriya, monitoring okruzhayushchej sredy, geoekologiya» [Proceedings of International Scientific Conference: Inter-Expo GEO-Siberia-2019. XV international scientific conference: Remote sensing methods and photogrammetry, environmental monitoring, Geoecology]* (pp. 89-97). Novosibirsk: SGUGiT Publ. [in Russian].
10. Martynov, G. P., Mogil'nikova, A.V. (2018). Statistical analysis of changes in meteorological data of Moscow region for 30 years. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa: Interekspo GEO-Sibir'-2018. XIV Mezhdunarodnoj nauchnyj kongress. Vol. 2. «Distancionnye metody zondirovaniya Zemli i fotogrammetriya, monitoring okruzhayushchej sredy, geoekologiya» [Proceedings of International Scientific Conference: Inter-Expo GEO-Siberia-2018. XIV international scientific conference: Remote sensing methods and photogrammetry, environmental monitoring, Geoecology]* (pp. 188–195). Novosibirsk: SGUGiT Publ. [in Russian].
11. Mogil'nikova, A.V., Martynov, G. P. (2018). Application of modern software STATISTICA for the analysis of large amounts of data on the oxygen content in the air of Moscow for the period from 1983 to 2012. In *Sbornik materialov Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa: Interekspo GEO-Sibir'-2018. XIV Mezhdunarodnoj nauchnyj kongress.*

Vol. 2. «Distancionnye metody zondirovaniya Zemli i fotogrammetriya, monitoring okruzhayushchej sredy, geokologiya» [Proceedings of International Scientific Conference: Inter-Expo GEO-Siberia-2018. XIV international scientific Congress: International scientific conference: Remote sensing methods and photogrammetry, environmental monitoring, Geoecology] (pp. 297–306). Novosibirsk: SGUGiT Publ. [in Russian].

12. Raspredeleniye sodержaniya kisloroda v vozdukh po territorii Rossii [Distribution of oxygen in the air throughout Russia] [Electronic resource]. – Mode of access: https://climate-energy.ru/weather/oxyg/karta_oxyg_inter.html

13. Redikartseva Ye. M., Karpik P. A. (2017). Matematicheskoye modelirovaniye zavisimosti urovnya vody v reke Obi v gorode Novosibirsk ot sbrosa vody na Novosibirskoy GES [Mathematical modeling of the dependence of the water level in the Ob River in the city of Novosibirsk on the discharge of water at the Novosibirsk hydroelectric station], *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGIT]*, 22, 4, 237–242. [in Russian].

14. Kazazayev V. V., Shagalin D. A. (2015). Fotosintez S3-rasteniy: osnovnyye factory i matematicheskiye modeli [Photosynthesis of C3 plants: main factors and mathematical models] *Matematika i yeye prilozheniya: fundamental'nyye problemy nauki i tekhniki*. – *Sbornik trudov vserssiyskoy kon-*

ferentsii. Izdatel'stvo: Altayskiy gosuda-stvennyy universitet (Barnaul) [Mathematics and its applications: fundamental problems of science and technology. – Proceedings of the All-Russian Conference. Publisher: Altai State University (Barnaul)], 273–278.

15. O sostoyanii zelenykh zon na territorii otel'nykh munitsipal'nykh obrazovaniy Krasnodarskogo kraya. Postanovleniye Zakonodatel'nogo sobraniya Krasnodarskogo kraya ot 21 oktyabrya 2015 goda [On the state of green areas in the territory of individual municipalities of the Krasnodar Territory. Resolution of the Legislative Assembly of the Krasnodar Territory, October 21, 2015] [Electronic resource]. – Mode of access: <http://docs.cntd.ru/document/430655853>.

16. EtoMesto [This place]. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.etomesto.ru/>.

17. Retromap [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.retromap.ru/>.

18. Topograficheskiye karty. K-37 – Sochi [Topographic maps. K-37 – Sochi] [Electronic resource]. – Mode of access: <http://mapk37.narod.ru>.

19. Publichnaya kadaastrovaya karta Sochi na 26.05.2020 [The public cadastral map of Sochi on 05/26/2020]. [Electronic resource] – Mode of access: <https://egrp365.ru/map/?id=g3XAnH>.

20. Google Maps [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.google.ru/maps>.

Received 28.05.2020

© O. N. Nikolaeva, G. P. Martynov, A. V. Mogil'nikova, 2020