

## АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ДАННЫХ ПОГОДЫ ГОРОДА СОЧИ ЗА 50 ЛЕТ

*Геннадий Павлович Мартынов*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 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. Плахотного, 10, студент, тел. (951)384-48-51, e-mail: mogilnikova\_nastya@mail.ru

Авторы статьи проводят анализ зависимостей метеорологических данных по городу Сочи за период с 1966 по 2015 г.г., которые находятся в свободном доступе. Обозначаются тенденции изменений четырех факторов среды во времени, исследуются гипотезы о нормальности распределения данных статистики каждого из этих факторов. Кроме того изучаются возможные парные зависимости этих факторов между собой, строятся графики линейной регрессии выявленных пар зависимых факторов и рассматривается разброс данных относительно построенных теоретических линий. По итогам исследований делаются выводы о необходимости дальнейшего проведения более широких природоохранных мероприятий в данном регионе и предлагаются рекомендации для жителей г. Сочи по сохранению своего здоровья в разное время года.

**Ключевые слова:** статистический анализ, метеорологические данные, нормальный закон распределения, коэффициент корреляции, критерий согласия, линия регрессии, диаграмма рассеяния.

## STATISTICAL ANALYSIS OF WEATHER DATA OF THE CITY OF SOCHI FOR 50 YEARS

*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 authors analyze the dependence of meteorological data on the city of Sochi for the period from 1966 to 2015. Tendencies of changes of four factors of environment in time are designated; hypotheses about normality of distribution of data of statistics of each of these factors are investigated. In addition, possible pair dependences of these factors are studied, linear regression graphs of the identified pairs of dependent factors are plotted, and the dispersion of the data of relatively constructed theoretical lines is considered. Based on the results of the research, conclusions are drawn on the need for further implementation of broader environmental measures in the region and recommendations for the residents of Sochi to preserve their health at different times of the year.

**Key words:** statistical analysis, meteorological data, normal distribution law, correlation coefficient, goodness of fit, regression line, scatter plot.

## ***Введение***

В декабре 2010 г. был принят Закон [1] «Об экологическом мониторинге на территории Краснодарского края». Площадь большого города Сочи составляет 3506 кв. км (для сравнения: площадь Москвы – 2561 кв. км), однако до 2010 г. в Сочи действовало только 2 автоматических поста наблюдения (в центре города и в Красной Поляне) за состоянием окружающей среды.

Объективные данные об окружающей среде [2] очень важны, например, при формировании планов социально-экономического развития урбанизированных территорий [3], при составлении паспортов природных объектов [4], а также при изучении устойчивости во времени природных систем [5]. Кроме того, обнаружение источников загрязнения среды, окружающей человека, применяется при оценке тех или иных важных экологических параметров [6] территорий и при формировании рационального землепользования [7], а также при создании возможных моделей рационального природопользования [8, 9]. Дополняя выше сказанное, можно заметить, что существенное влияние источников загрязнения атмосферы Земли при флуктуациях температурного поля сказывается на развитии серьезных процессов в облаках [10].

## ***Материалы и методы***

Авторы работы на основе 50-летних климатических данных [11] по городу Сочи попытались оценить динамику изменений и возможные взаимосвязи четырех факторов среды: температуры воздуха (фактор X), относительной влажности воздуха (фактор Y), атмосферного давления (фактор P) и содержания кислорода в воздухе (фактор Z). При этом методами математической статистики проверялись гипотезы о нормальности типа распределения каждого фактора, а также выявлялись возможные зависимости факторов между собой. Кроме этого, строились графики линий регрессии, и изучался разброс данных наблюдений относительно этих теоретических линий.

## ***Результаты и обсуждение***

На рис. 1 приводится динамика среднемесячных температур (в градусах по Цельсию) по годам. На диаграмме за август месяц отчетливо видно, что температура в Сочи повышается по годам. Похожая тенденция наблюдается еще несколько месяцев (с мая по октябрь). Влажность воздуха (фактор Y) с октября по май практически постоянна (около 75%) во времени. На рис. 2 можно наблюдать динамику среднемесячной относительной влажности (в процентах) воздуха во времени. На диаграмме отчетливо видно, что средняя влажность воздуха (с октября по май) мало меняется по годам (в среднем около 75%). Динамика для влажности (с июня по сентябрь) – резкие колебания от 75% до 85%.

Атмосферное давление (фактор Р, в гектопаскалях; 1000 гПа эквивалентна 764 мм ртутного столба) с мая по октябрь имеет тенденцию к понижению во времени. На рис. 3 представлена динамика изменения фактора Р (за июль).

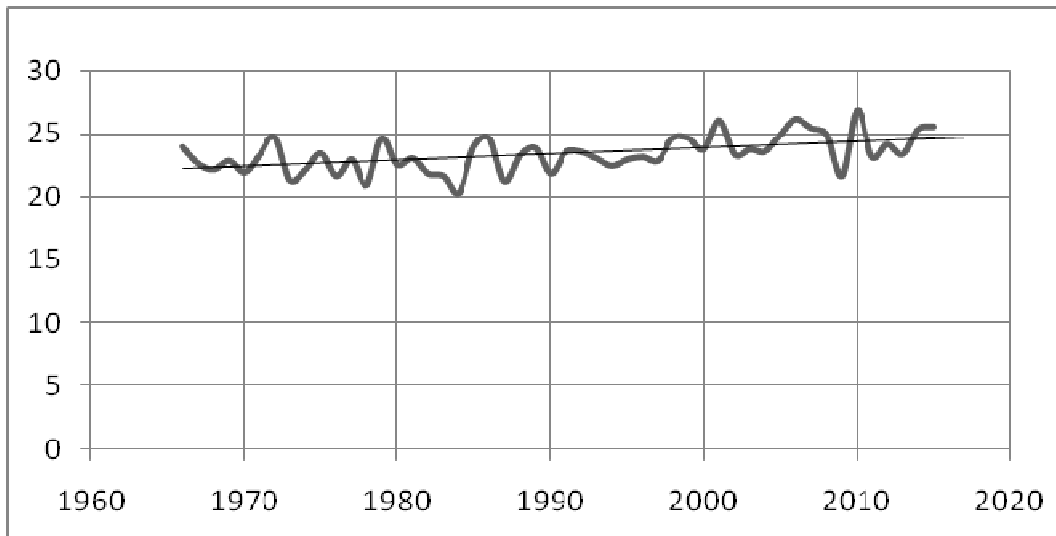


Рис. 1. Динамика по годам фактора X (август)

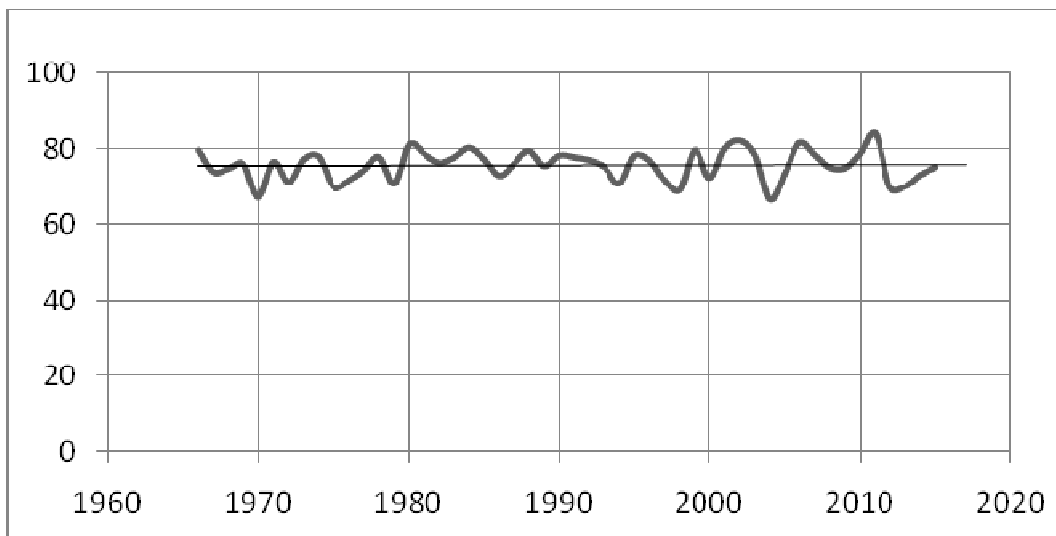


Рис. 2. Динамика по годам фактора Y (апрель)

На рис. 4 зафиксирована динамика среднемесячного содержания кислорода в воздухе во времени.

На этой диаграмме прослеживается тенденция понижения содержания кислорода (с января по октябрь) в воздухе Сочи по годам, начиная с 1970 г.

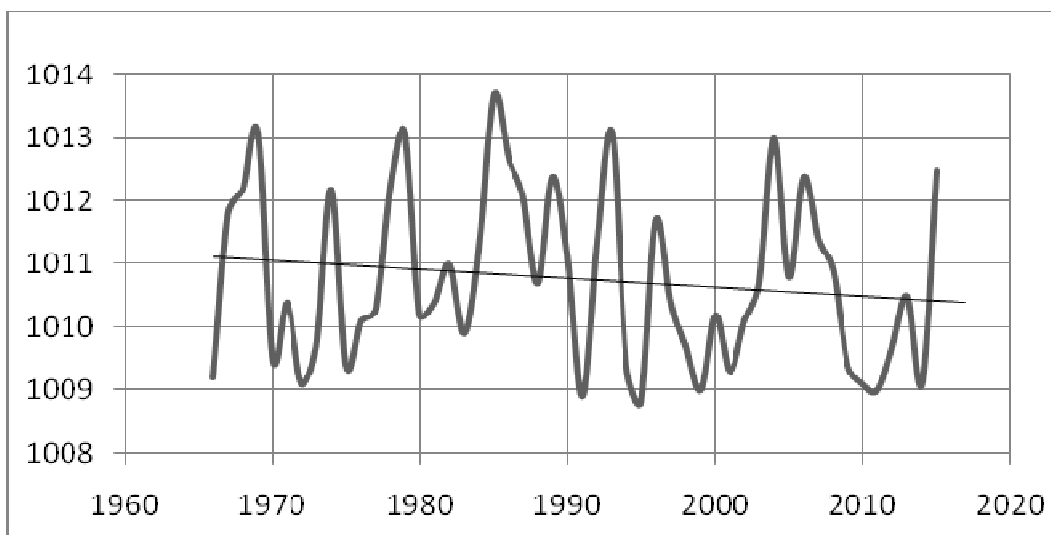


Рис. 3. Динамика по годам фактора Р (июль)

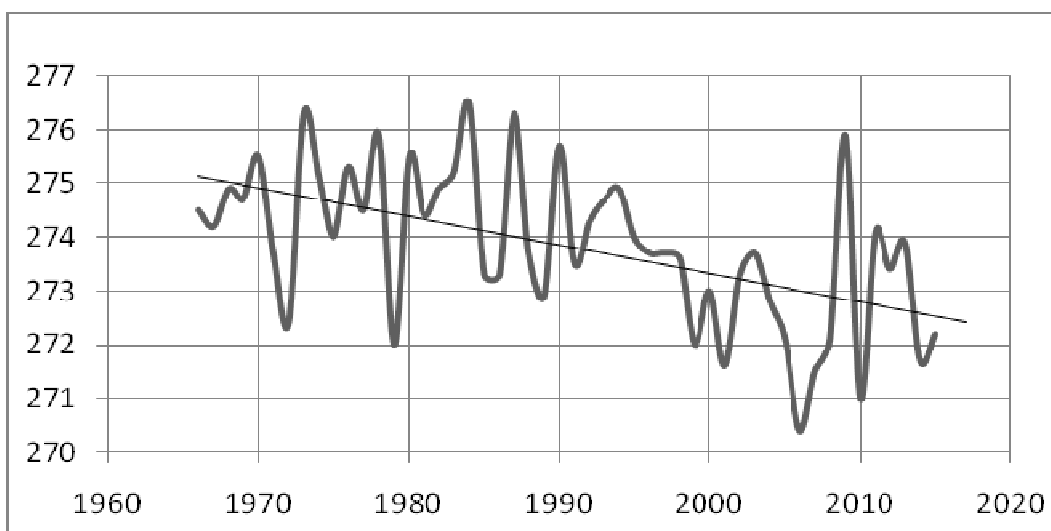


Рис. 4. Динамика по годам фактора Z (август)

При этом в период с мая по сентябрь содержание кислорода находится в диапазоне от 270 до 280 г/куб. м., что существенно ниже по сравнению с Москвой [12, 13].

Следующим этапом исследований была проверка данных наблюдений по всем факторам (X, Y, P и Z) на нормальность законов их распределений. Предварительно проводилось визуальное сравнение гистограмм частот данных факторов с расчетной увеличенной кривой Гаусса.

Большая часть гистограмм всех четырех факторов визуальную проверку на нормальность распределения прошли. В качестве примера можно рассмотреть гистограмму частот фактора P (давление) января месяца (рис. 5) по данным за период 1966-2015 гг.

Далее проводилась [14] более точная проверка нормальности распределений с помощью критерия согласия  $\chi^2$ . Результатом этой проверки выявилось следующее: 1) содержание кислорода во всех месяцах распределено по нормальному закону; 2) температура, влажность и давление девять месяцев в году имеют нормальный закон распределения.

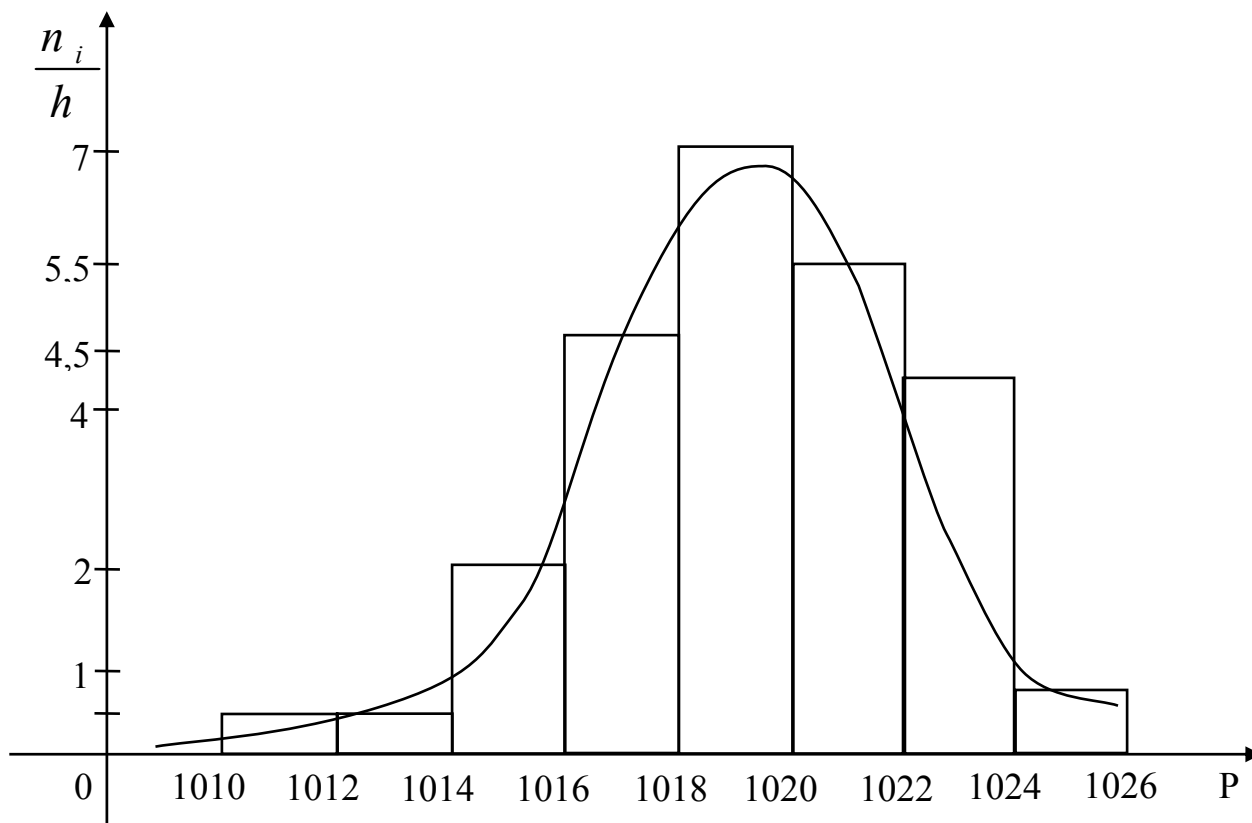


Рис. 5. Гистограмма фактора Р (январь)

Следующим этапом исследований была проверка гипотез о парной корреляции данных четырех факторов с помощью коэффициента парной корреляции.

В результате выяснилось, что пара Р, Z (атмосферное давление и содержание кислорода) дают хорошую корреляцию, при которой коэффициент корреляции варьировался в пределах от (+0,8226) до (+0,5282). А пара X, Z (температура и содержание кислорода) дают более сильную корреляцию. Их коэффициент корреляции изменялся в пределах от (-0,9495) до (-0,8630). Пары Y и Z, P и X, P и Y между собой оказались мало зависимы друг от друга.

Далее выполнялось построение графиков линейной регрессии зависимых пар факторов P и Z, X и Z, и изучался разброс данных наблюдений относительно этих графиков. На рис. 6 приводится диаграмма рассеяния (Z и X) за август

месяц. На диаграмме прослеживаются не очень сильные отклонения данных наблюдений относительно теоретической линии регрессии факторов X, Z (как для остальных месяцев), что большей частью совпадает с результатами исследований [12, 13, 14]. Исследуя уравнение парной линейной регрессии (рис. 6) для августа месяца, можно сделать прогноз: при увеличении средней температуры этого месяца, например, на 10 градусов (динамика изменения температуры летних месяцев как раз показывает тенденцию к росту температуры летом), содержание кислорода в 1 куб. м воздуха уменьшится примерно на 10 г. Кроме этого точечного прогноза можно найти доверительные интервалы [15, 16], в которых с заданной надежностью будет находиться значение интересующего нас фактора Z, если известен диапазон изменения средней температуры X месяца.

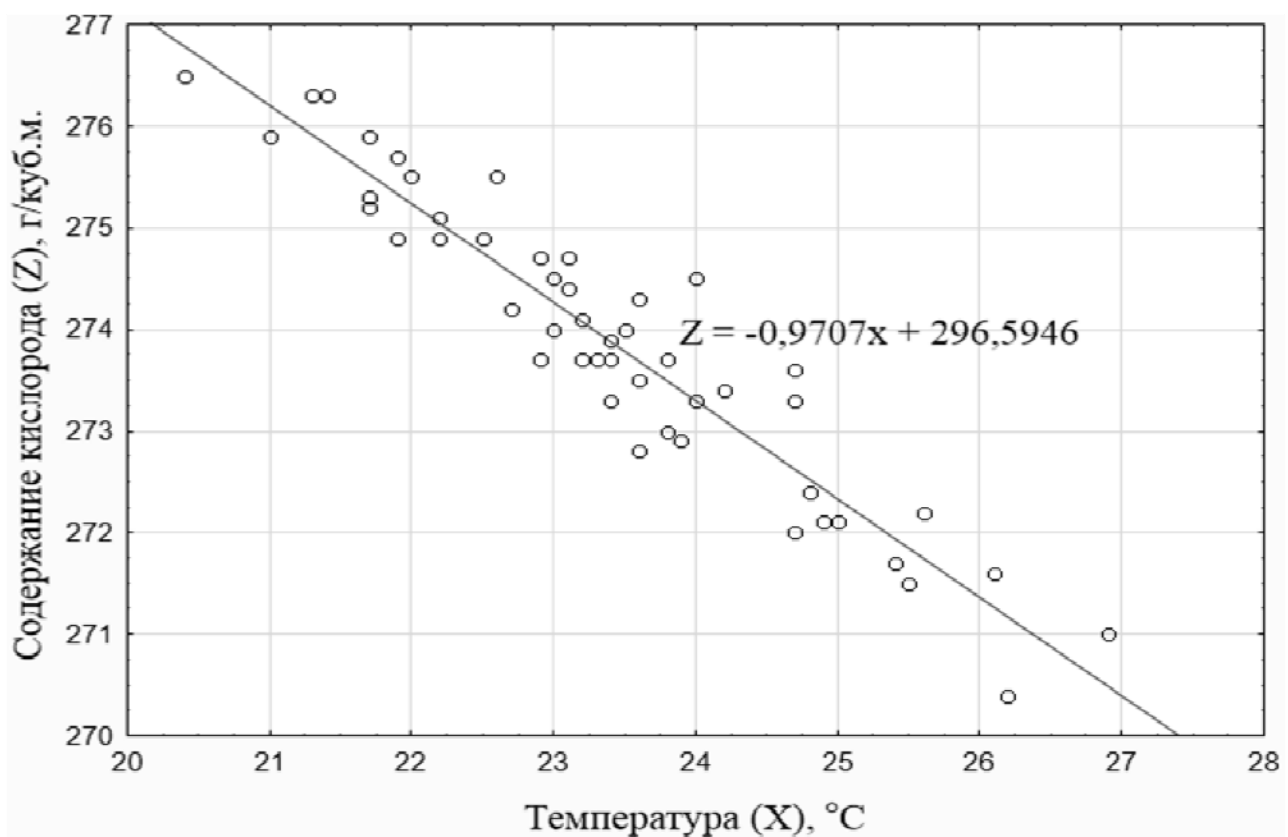


Рис. 6. Диаграмма рассеяния (Z и X) за август

На рис. 7 представлена диаграмма рассеяния (Z и P) за декабрь месяц. На диаграмме прослеживаются не очень сильные отклонения данных наблюдений относительно теоретической линии регрессии факторов P, Z. Исследуя уравнение парной линейной регрессии (рис. 7), можно сделать прогноз: при увеличении среднего атмосферного давления этого месяца, например, на 20 гПа содержание кислорода в 1 куб. м воздуха увеличится примерно на 13 г.

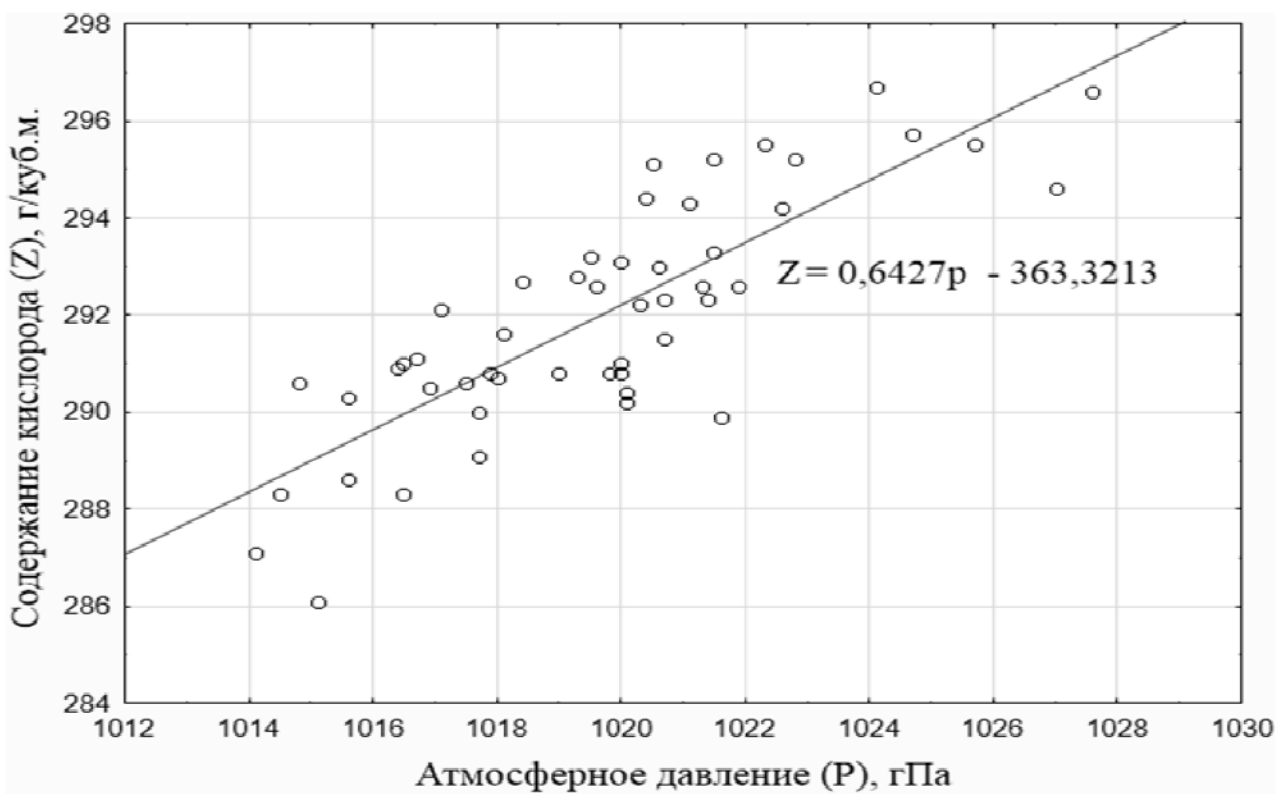


Рис. 7. Диаграмма рассеяния (Z и P) за декабрь

### *Заключение*

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Все исследованные четыре фактора среды распределены, в основном, по нормальному закону распределения;
2. Динамика изменения относительной влажности воздуха в Сочи показывает, что средняя влажность (с октября по май) мало меняется по годам (в среднем около 75%). Динамика для влажности (с июня по сентябрь) наблюдается совершенно иная: резкие колебания от 75 до 85 процентов;
3. Тенденции изменения среднемесячных температур в регионе с мая по октябрь показывают, что температура в городе Сочи повышается по годам;
4. Структура изменений среднемесячного содержания кислорода в воздухе обозначает тенденцию понижения содержания кислорода (с января по октябрь) в воздухе Сочи по годам, начиная с 1970 г. При этом в период с мая по сентябрь содержание кислорода находится в диапазоне от 270 до 280 г/куб. м., что составляет менее 21% от веса воздуха;
5. Динамика изменения атмосферного давления с мая по октябрь обозначает тенденцию к понижению во времени;
6. Практически во все месяцы прослеживается устойчивая отрицательная корреляционная связь содержания кислорода и температуры воздуха: с увели-

чением температуры содержание кислорода падает, и, наоборот, при понижении температуры содержание кислорода увеличивается (как и в [12, 13, 14]).

7. Атмосферное давление и содержание кислорода также дают хорошую положительную корреляцию.

8. В теплое время года, учитывая обратную зависимость содержания кислорода от температуры воздуха, рекомендуется больше бывать в тех местах города, где атмосферное давление выше обычного, либо принимать кислородные коктейли, дабы не допустить кислородного голодания организма.

9. Пониженное содержание кислорода во вдыхаемом человеком воздухе может спровоцировать развитие деструктивных процессов в человеческом организме [17–19].

10. Необходимо расширить комплекс мер по экологическому мониторингу на территории Краснодарского края для сохранения благоприятной обстановки в курортном городе Сочи [20].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон Краснодарского края № 2124-КЗ от 07.12.2010 «Об экологическом мониторинге на территории Краснодарского края»/<http://docs.cntd.ru/document/432833100>.

2. Анопченко Л. Ю., Луговская А. Ю. Использование различных методов для экологического мониторинга атмосферного воздуха // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 84–88.

3. Огулов А. С., Креймер М. А., Турбинский В. В. Значение гигиены атмосферного воздуха в экономическом и территориальном планировании // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 1 (29). – С. 111–128.

4. Зятькова Л. К., Лесных И. В. Геоэкологическая паспортизация природных объектов как инструмент учета и анализа параметров современных геологических процессов // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 114–123.

5. Ряполова Н. Л. Условия формирования ресурсов тепла и влаги как основы функционирования и устойчивости природных систем Западно-Сибирского Севера // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 271–281.

6. Попова Н. Б., Ряполова Н. Л. Оценка эколого-географических параметров ландшафтных провинций Западно-Сибирского севера // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 228–239.

7. Жарников В. Б., Ван А.В. Геоэкологические основы рационального землепользования // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 176–183.

8. Николаева О. Н. Использование картографических моделей природных ресурсов на различных этапах ведения рационального природопользования // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 79–86.

9. Якутин, М. В. Microbial biomass and soil organic carbon accumulation on a former lakebed near Novosibirsk, Russia / М. В. Якутин, Л. Ю. Анопченко, Ф. Конен // Journal of plant nutrition and soil science. – 2016. – Vol. 179, № 2. – pp. 190–192.

10. Conen, F.; Yakutin, M.V.; Yttri, K.E.; Hüglin, C. Ice nucleating particle concentrations increase when leaves fall in autumn / F. Conen [и др.] // Atmosphere. – 2017. – Vol. 8, № 10. – pp. 202–210.

11. Статистика городов России [Электронный ресурс] / Статистика погоды по годам; ред. Кравцев Л.С. – Режим доступа: <http://www.atlas-yakutia.ru>.



12. Мартынов Г. П., Могильникова А. В. Статистический анализ изменений метеорологических данных Московской области за 30 лет // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 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.
13. 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. 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.
14. Мартынов Г. П., Анопченко Л. Ю., Богданова Н. С. Статистический анализ некоторых зависимостей климатических данных Новосибирской области за 36 лет // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 57–62.
15. Мартынов Г. П., Луговская А. Ю. О достоверности некоторых статистических оценок в биоиндикационных исследованиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. – С. 184–188.
16. 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.
17. Otto Warburg. The prime cause and prevention of cancer with two prefaces on prevention // Revised lecture at the meeting of the Nobel-Laureates on June 30, 1966 at Lindau, Lake Constance, Germany, by Otto Warburg. Director, Max Planck-Institute for Cell Physiology, Berlin-Dahlem. English Edition by Dean Burk. National Cancer Institute, Bethesda, Maryland, USA. The Second Revised Edition Published by Konrad Triltsch, Würzburg, Germany, 1969. / <http://healingtools.tripod.com/primecause2.html>
18. Stephen M. Hatfield, Jorgen Kjaergaard, Dmitriy Lukashev, Taylor H. Schreiber and others. Immunological mechanisms of the antitumor effects of supplemental oxygenation // *Science Translational Medicine*: – 2015. – Vol. 7, Issue 277, pp. 277ra30. DOI: 10.1126/scitranslmed.aaa1260.
19. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А., Растянников Е.Г., Козлова Н.Ю., Артюшина И.Ю., Шохин В.А. Хромато-масс-спектрометрические исследования летучих выделений растений для оценки эффективности и химической безопасности применения средоулучшающих фитотехнологий // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, №6, С. 501-506.
20. Trubina L.K., Nikolaeva O.N. Geospatial Model of Regional Natural Resources as a Basis for Sustainable Environmental Management // *Journal of Asian Scientific Research, Asian Economic and Social Society*: – 2016. – Vol. 6, №10 – pp. 143-147.

© Г. П. Мартынов, А. В. Могильникова, 2019