

О.С. Плеханова¹, В.С. Асламова¹, П.А. Кузнецов¹

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Россия, Иркутск, aslamovav@yandex.ru

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ: СОГЛАСОВАННОСТЬ ИНФОРМАЦИИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ Г. ИРКУТСК

Аннотация. Загрязнение атмосферы значительно влияет на метеорологические параметры, включая температуру воздуха, влажность и скорость ветра. Черный углерод (сажа) и сернистые газы, среди прочих загрязнителей, играют ключевую роль в этом процессе, поглощая солнечное излучение и взаимодействуя с водяным паром в атмосфере, соответственно. Это требует тщательного изучения и учета при разработке стратегий снижения уровня загрязнения. Город Иркутск является одним из городов Иркутской области участвующим в федеральном проекте «Чистый воздух» национального проекта «Экология». Данная статья посвящена исследованию различий, метеорологических данных города Иркутска, полученных из двух различных источников: <https://rp5.ru> и <http://aisori-m.meteo.ru>. Исследование проводилось за период с 2010 по 2022 гг. Для установления статистической значимости различий между выборками метеорологических данных был использован парный *t*-критерий Стьюдента, этот метод позволяет определить, являются ли различия между двумя наборами данных случайными или они действительно отражают реальные различия. В ходе работы проведено сравнение и анализ среднемесячных показателей следующих параметров погоды: вероятность сильного ветра, штиля, осадков и тумана, а также рассчитанного на их основе метеорологического потенциала загрязнения атмосферы (МПЗА) промышленными выбросами загрязняющих веществ. Обнаружено, что существуют различия во всех наборах данных, за исключением вероятности сильного ветра. Также были предложены возможные причины этих расхождений.

Ключевые слова: метеорологические данные, метеорологический потенциал загрязнения атмосферы, парный *t*-критерий Стьюдента, загрязнение атмосферы

O.S. Plekhanova¹, V.S. Aslamova¹, P.A. Kuznetsov¹

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation, aslamovav@yandex.ru

ANALYSIS AND COMPARISON OF METEOROLOGICAL DATA: CONSISTENCY OF INFORMATION FROM VARIOUS SOURCES FOR IRKUTSK CITY

Abstract. Air pollution significantly affects meteorological parameters, including air temperature, humidity and wind speed. Black carbon (soot) and sulfur dioxide gases, among other pollutants, play key roles in this process by absorbing solar radiation and interacting with water vapor in the atmosphere, respectively. This requires careful study and consideration when developing pollution reduction strategies. The city of Irkutsk is one of the cities of the Irkutsk region participating in the federal project "Clean Air" of the national project "Ecology". This article is devoted to the study of differences in meteorological data for the city of Irkutsk, obtained from two different sources: <https://rp5.ru> and <http://aisori-m.meteo.ru>. The study was conducted over the period from 2010 to 2022. The paired Student's *t* test was used to determine the statistical significance of differences between meteorological data samples; this method allows one to determine whether differences between two data sets are due to chance or whether they actually reflect real differences. In the course of the work, a comparison and analysis of average monthly indicators of the following weather parameters was carried out: the probability of strong wind, calm, precipitation and fog, as well as the meteorological potential of air pollution (MPAP) calculated on their basis from industrial emissions of pollutants. It was found that there were differences in all data sets, with the exception of the probability of high winds. Possible reasons for these discrepancies have also been proposed.

Keywords: meteorological data, meteorological potential of the atmosphere, paired Student's *t*-test, atmospheric

Актуальность исследования

В рамках национального проекта «Экология», инициированного в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», город Иркутск присоединился к

реализации федерального проекта «Чистый воздух». Кроме того, в проекте участвуют ещё семь городов Иркутской области: Братск, Ангарск, Зима, Свирск, Усолье-Сибирское, Черемхово и Шелехов [1]. В целях и целевых показателях национального проекта «Экология» заявлено снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в крупных промышленных центрах, в том числе уменьшение не менее чем на 20 процентов совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в наиболее загрязненных городах.

Загрязнение атмосферы имеет значительное воздействие на метеорологические параметры атмосферы. Оно способно оказывать влияние на температурные показатели воздуха. Определенные загрязнители, например, черный углерод (сажа), обладают способностью поглощать солнечные лучи, тем самым повышая температуру окружающего пространства, что приводит к возникновению так называемого «эффекта городского острова тепла». Загрязнение также может оказывать влияние на влажность воздуха. Некоторые загрязнители, такие как сернистые газы, способны взаимодействовать с водяным паром в атмосфере, формируя мельчайшие капельки аэрозоля. Эти капельки могут оказывать влияние на процесс образования облаков и осадков. Кроме того, загрязнение может оказывать влияние на скорость ветра. Некоторые загрязнители, например, частицы пыли, способны изменять аэродинамические характеристики воздуха, что может стать причиной изменения скорости и направления ветра [2]. Таким образом, загрязнение атмосферы оказывает комплексное воздействие на метеорологические параметры атмосферы, требующее детального изучения и учета при разработке мер по снижению уровня загрязнения.

Целью данной статьи является сравнительный анализ метеорологических данных из разных источников для дальнейшего их использования в моделях загрязнения и рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере. Эта задача представляет собой сложный процесс, обусловленный различием: методов сбора и обработки информации, используемых измерительных приборов, их классов точности и технологий обработки результатов измерений. Именно эти факторы определяют точность и надежность источника информации. Актуальность исследования метеорологических данных, полученных из разных источников, обусловлена их важностью для различных областей, таких как: экологический мониторинг, сельское хозяйство, транспортная отрасль, судоходство, здравоохранение и т.д. Современные технологии позволяют собирать и обрабатывать большие объёмы данных быстрее и эффективнее, но это также создаёт новые проблемы, такие как необходимость обработки и анализа больших объёмов данных, и обеспечение их точности и надёжности.

Цель исследования: проведение сравнительного анализа для определения точности и согласованности метеорологических данных из двух источников: сайт «гр5» [3] и сайта «aisori» [4].

Выбор критериев оценок

Известно [1-10], что путь и ЗВ в атмосфере зависят от метеорологических условий, которые способствуют эффективному рассеиванию ЗВ или их накоплению в околосемных слоях атмосферы. В качестве критерия оценки способности атмосферы к накоплению ЗВ использовался МПЗА (метеорологический потенциал загрязнения атмосферы), предложенный Т.С. Селегей и И.П. Юрченко [5], аббревиатура названия и интервалы значений МПЗА для классификации территорий по степени их склонности к атмосферным накоплению и рассеиванию ЗВ уточнены в работе [6, 12-14]. Величина МПЗА вычисляется по формуле (1).

$$\text{МПЗА} = (P_{\text{ш}} + P_{\text{т}}) / (P_{\text{о}} + P_{\text{в}}), \quad (1)$$

где $P_{\text{в}}$ – повторяемость случаев (вероятность) скорости ветра не менее 6 м/с, $P_{\text{ш}}$ – вероятность штиля со скоростью ветра 0-1 м/с, $P_{\text{о}}$ – вероятность осадков более 0,5 мм, $P_{\text{т}}$ – вероятность тумана.

Обработка данных выполнялась в СУБД MySQL. Среднемесячные вероятности показателей, вычисленных по данным сайтов «гр5» и «aisori» за период 2010-2022 гг., представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

**Среднемесячные вероятности показателей,
вычисленных по данным сайта «гр5»**

Месяц	$P_{ш}$	$P_{в}$	$P_{о}$	$P_{т}$	МПЗА
I	0,554	0,005	0,340	0,100	1,967
II	0,515	0,007	0,281	0,031	2,202
III	0,372	0,015	0,219	0,011	1,740
IV	0,293	0,022	0,258	0,046	1,326
V	0,298	0,022	0,357	0,020	0,897
VI	0,423	0,003	0,412	0,090	1,326
VII	0,468	0,001	0,454	0,145	1,484
VIII	0,481	0,001	0,417	0,188	1,767
IX	0,421	0,003	0,352	0,191	1,826
X	0,369	0,007	0,252	0,164	2,350
XI	0,440	0,004	0,280	0,148	2,113
XII	0,580	0,002	0,410	0,113	1,719

Таблица 2

**Среднемесячные значения вероятностей показателей,
вычисленных по данным сайта «aisori»**

Месяц	$P_{ш}$	$P_{в}$	$P_{о}$	$P_{т}$	МПЗА
I	0,551	0,006	0,320	0,168	2,215
II	0,511	0,006	0,212	0,113	2,882
III	0,371	0,014	0,179	0,040	2,149
IV	0,290	0,024	0,205	0,018	1,325
V	0,297	0,021	0,290	0,021	1,025
VI	0,424	0,002	0,341	0,107	1,545
VII	0,467	0,001	0,375	0,192	1,752
VIII	0,479	0,002	0,335	0,200	2,015
IX	0,414	0,003	0,313	0,198	1,940
X	0,369	0,007	0,201	0,095	2,232
XI	0,440	0,004	0,256	0,146	2,250
XII	0,580	0,002	0,380	0,161	1,944

Из таблиц 1 и 2 следует, что штили наиболее вероятны в зимнее время, сильные ветры – весной, осадки – летом и в декабре, туманы – в июле и августе, наибольшая склонность к загрязнению атмосферы – в феврале, октябре, ноябре.

Для сравнения 2 парных зависимых выборок метеорологических данных, совпадающих как хронологически (один и тот же временной интервал), так и географически (г. Иркутск) и отличающимися числом и временем измерения метеорологических параметров, воспользуемся парным t-критерием Стьюдента, предложенным Уильямом Госсетом [15]. Будем проверять гипотезы: H_0 – отсутствие различий между выборочными средними, H_1 – наличие значимых статистических различий. Критерий статистической значимости P указывает, что между изучаемыми выборками действительно отсутствуют различия и определяется по таблице критических значений t-критерия Стьюдента. Критическое значение t для нашего объема выборки равно 1,977.

Чтобы можно было использовать парный t-критерий, необходимо удостовериться, что исходные данные имеют нормальное распределение. Проведенная проверка показала, что обе выборки имеют нормальное распределение и подсчитанные дисперсии равны.

Парный t-критерий вычисляется по формуле (2).

$$t = \frac{M_d}{\sigma_d/\sqrt{n}} \quad (2)$$

где M_d - средняя арифметическая разностей показателей выборок двух сайтов, σ_d - среднее квадратическое отклонение разностей показателей, вычисляемых по формулам (3),(4) соответственно, n – объем выборки.

$$M_d = \frac{\sum d}{n} \quad (3)$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum(M_d - d)^2}{n - 1}} \quad (4)$$

Обозначим M - среднее значение выборки, σ - стандартное отклонение выборки, S_E - стандартная ошибка среднего значения выборки, рассчитываемая по формуле (5).

$$S_E = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Результаты исследования

В рамках настоящего исследования анализировались выборочные данные о вероятностных характеристиках формирования каждого отдельного параметра МПЗА и вычисленного интегрального показателя МПЗА за каждый календарный месяц на протяжении всего исследуемого периода с января 2010 года по декабрь 2022 года включительно. Параметры определялись по формулам (2) – (5).

Результаты парного t-теста для вероятности штиля со скоростью ветра 0-1 м/с представлены в таблице 3.

Таблица 3

Данные t-теста для вероятности штиля

Наименование	«гр5»	«aisori»	Разность
M	0,4346474	0,4327885	0,0018589
σ	0,1266527	0,1256205	0,0010322
S_E	0,0101403	0,0100577	0,0000826
n	156	156	0,0000000

Критерий статистической значимости: $P = 0,0025$, по общепринятым критериям эта разница считается очень статистически значимой.

Доверительный интервал: $M_d = 0,0018589$, 95% доверительный интервал этой разницы: от 0,0006644 до 0,0030536.

Промежуточные значения, используемые в расчетах: $t = 3,0740$, $df = 155$, стандартная ошибка разницы = 0,001.

Данные t-теста о штилевых условиях показывают, что разница между выборками считается статистически очень значимой, среднее значение которых составляет 1,4%, при максимальной разнице в 6,2%. График сопоставления показателей вероятности штиля представлен на рисунке 1.

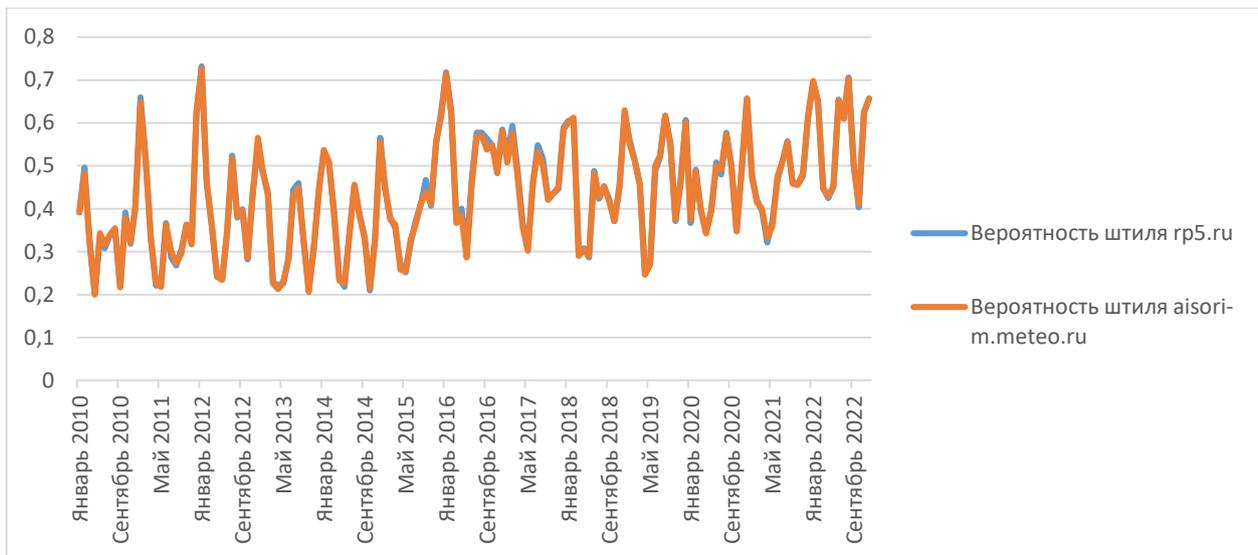


Рис. 1. Сопоставление показателей вероятности штиля из разных источников

Результаты парного t-теста для вероятности ветра со скоростью ветра не менее 6 м/с представлены в таблице 4.

Таблица 4

Данные t-теста для вероятности ветра

Наименование	«gp5»	«aisori»	Разность
M	0,0076090	0,0076282	-0,0000192
σ	0,0122830	0,0122823	0,0000007
S_E	0,0009834	0,0009834	0,0000000
n	156	156	0,0000000

Значение P и статистическая значимость: парное значение P равно 0,8620, по общепринятым критериям эта разница считается статистически незначимой. Доверительный интервал: $M_d = -0,0000192$, 95% доверительный интервал этой разницы: от -0,0002374 до 0,0001989. Промежуточные значения, используемые в расчетах: $t = 0,1741$, $df = 155$, стандартная ошибка разницы = 0,000.

По результатам t-теста, выборки вероятности возникновения сильного ветра не демонстрируют значимых отличий. Средняя разница в показателях составляет 4,2%. График сопоставления показателей вероятности ветра представлен на рисунке 2.

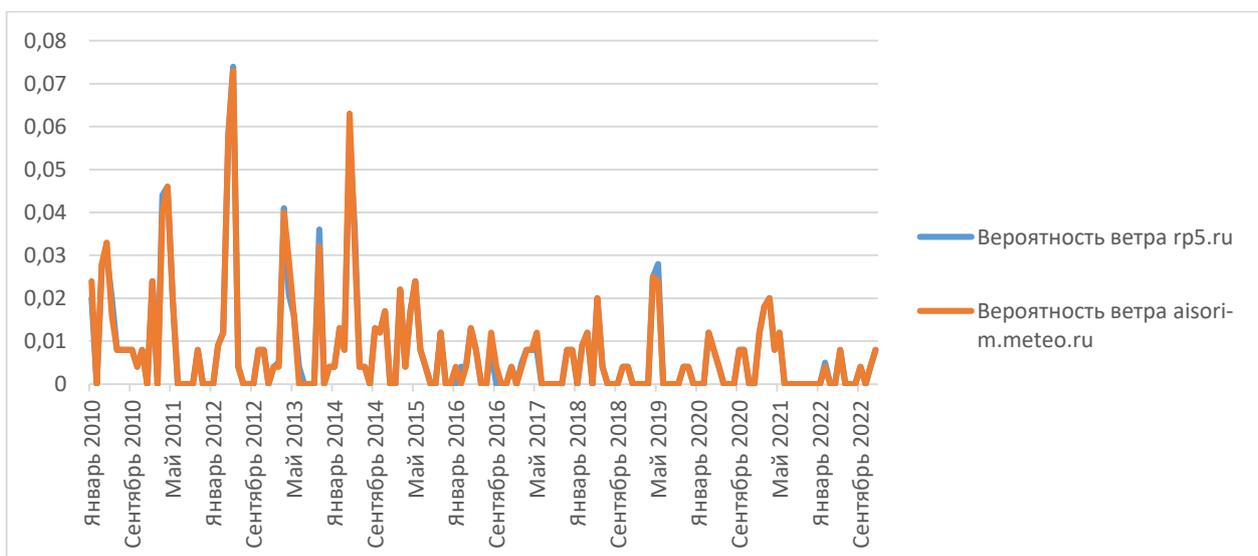


Рис. 2. Сопоставление показателей вероятности ветра из разных источников

Результаты парного t-теста для вероятности дождя (осадков более 0,5 мм) представлены в таблице 5.

Таблица 5

Данные t-теста для вероятности дождя

Наименование	«гр5»	«aisori»	Разность
M	0,3360385	0,2838910	0,0521475
σ	0,1654356	0,1098589	0,0555767
SE	0,0132455	0,0087958	0,0044497
n	156	156	0,0000000

Значение P и статистическая значимость: парное значение P равно 0,0001, по общепринятым критериям эта разница считается чрезвычайно статистически значимой. Доверительный интервал: $M_d = 0,0521475$, 95% доверительный интервал этой разницы: от 0,0332850 до 0,0710099. Промежуточные значения, используемые в расчетах: $t = 5,4612$, $df = 155$, стандартная ошибка разницы = 0,010.

В период с января 2010 года по август 2012 года, данные о количестве выпавших осадков в виде дождя значительно различаются между исследуемыми выборками. Разница в показателях колеблется от 12,7% до 71,4%, при этом среднее значение составляет 46,7%. За весь рассматриваемый период разница составляет в среднем 10,1%.

В ходе тщательного анализа данных об осадках в исследуемых выборках установлено, что в данных из «aisori» с 1976 года отсутствуют пропущенные значения, хотя обычно измерение осадков происходит 2 раза в сутки и невозможно понять, что означает нулевое значение параметра – отсутствие измерений или отсутствие дождя. Дальнейший анализ данных показал, что отметка «осадков нет» стала использоваться в выборке из «гр5» с 2013 года, тогда как до этого в дни, когда по второму источнику осадков не наблюдалось, записи не делались. Дни, не учтённые в первом источнике, не были включены в объём выборки для расчёта вероятности наступления события, что привело к увеличению полученных значений вероятности. График сопоставления показателей вероятности дождя представлен на рисунке 3.

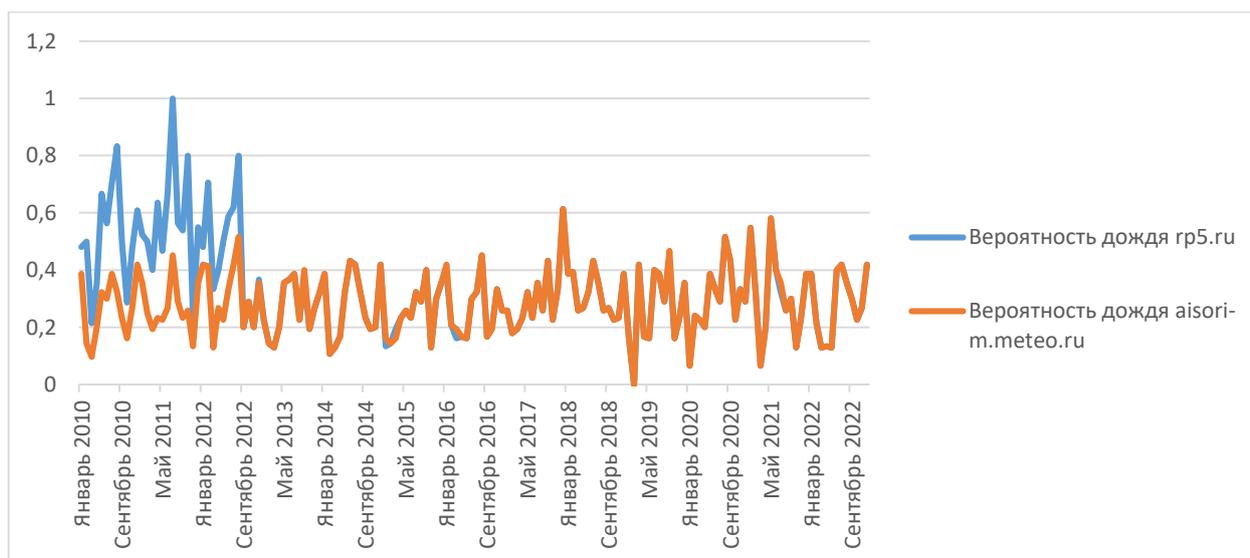


Рис. 3. Сопоставление показателей вероятности дождя из разных источников

Результаты парного t-теста для вероятности тумана представлены в таблице 6.

Значение P и статистическая значимость: парное значение P равно 0,0087, по общепринятым критериям эта разница считается очень статистически значимой. Доверительный интервал: $M_d = -0,0177114$, 95% доверительный интервал этой разницы:

от -0,0308765 до -0,0045466. Промежуточные значения, используемые в расчетах: $t = 2,6576$, $df = 155$, стандартная ошибка разницы = 0,007.

Таблица 6

Данные t-теста для вероятности тумана

Наименование	«gp5»	«aisori»	Разность
M	0,1038269	0,1215385	-0,0177116
σ	0,1088469	0,1150759	-0,0062290
S_E	0,0087147	0,0092134	-0,0004987
n	156	156	0,0000000

В период с января 2010 по декабрь 2022 по результатам t-теста, разница в вероятности возникновения тумана признана статистически очень значимой. Однако средние значения данных за весь рассматриваемый период отличаются на 29,9%. График сопоставления показателей вероятности тумана представлен на рисунке 4.

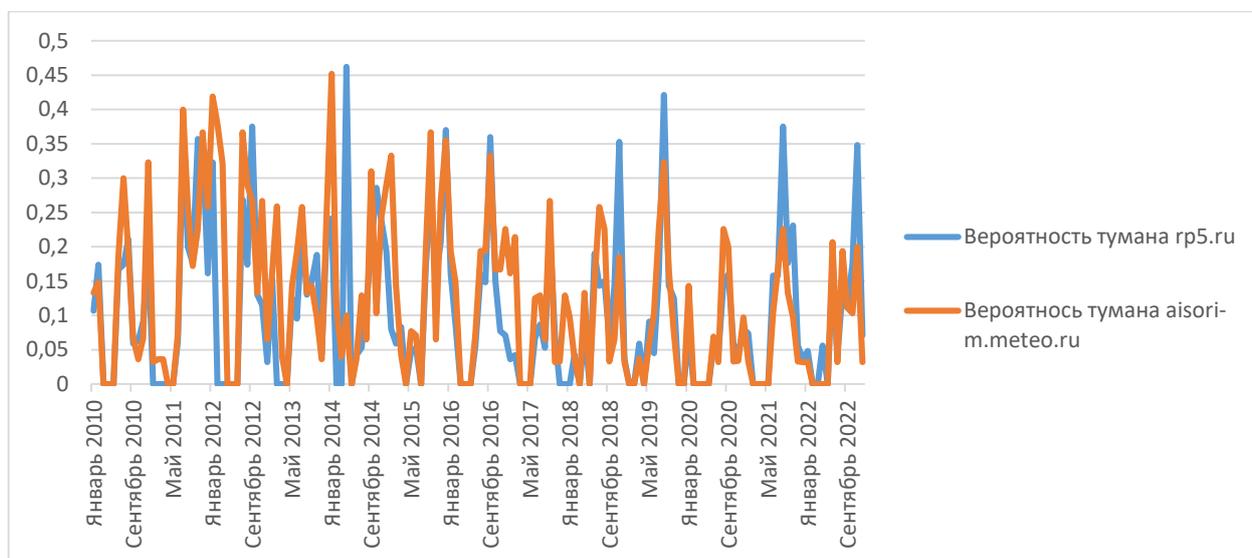


Рис. 4. Сопоставление показателей вероятности тумана из разных источников

Результаты парного t-теста для значений МПЗА представлены в таблице 7.

Таблица 7

Данные t-теста для МПЗА

Наименование	«gp5»	«aisori»	Разность
M	1,9018000	2,1214387	
σ	1,0676522	1,0921894	
S_E	0,0857559	0,0877268	
n	155	155	

Значение P и статистическая значимость: парное значение P равно 0,0001, по общепринятым критериям эта разница считается чрезвычайно статистически значимой. Доверительный интервал: $M_d = -0,2196387$, 95% доверительный интервал этой разницы: от -0,3177282 до -0,1215493. Промежуточные значения, используемые в расчетах: $t = 4,4235$, $df = 154$, стандартная ошибка разницы = 0,050.

Согласно данным метеорологических наблюдений в городе Иркутск, вероятности дождя и штиля, демонстрируют более высокие значения по сравнению с вероятностями тумана и ветра. Это обуславливает их большее влияние на МПЗА.

Существенные различия в показаниях об осадках в интервале 2010-2012 годов обуславливают значительную вариативность значений МПЗА в тот же временной промежуток, согласно результатам t-критерия, разница за весь период 2010-2022 годов

считается статистически чрезвычайно значимой. В процентном отношении выборки в среднем различаются на 16,5%, а максимально 78,6%. График сопоставления показателей МПЗА представлен на рисунке 5.

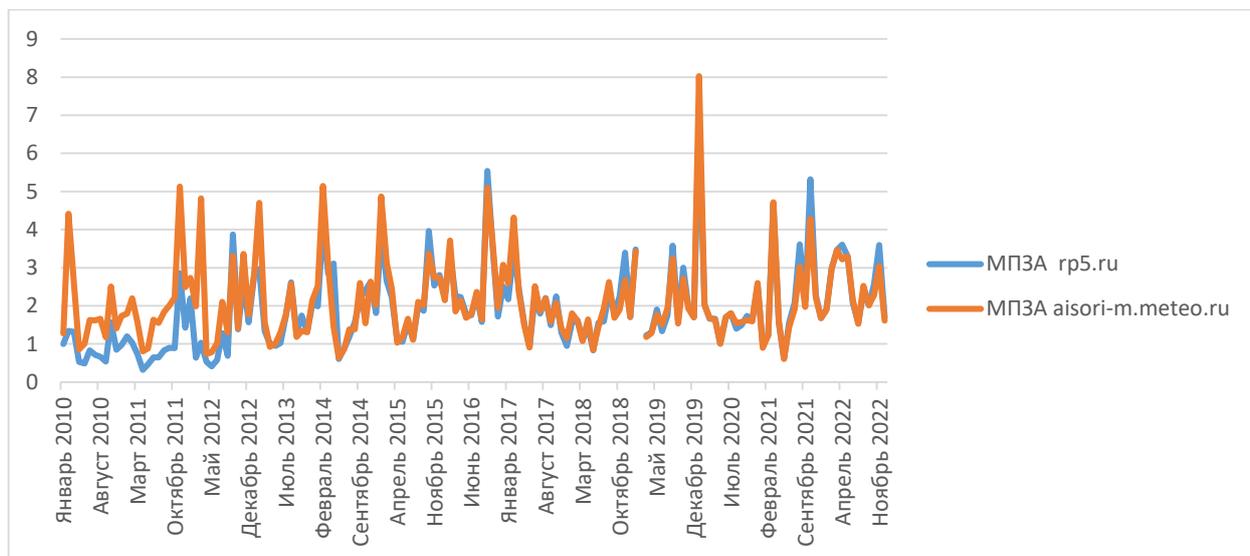


Рис. 5. Сопоставление показателей МПЗА из разных источников

Заключение

Наблюдаемые несоответствия в данных, полученных из различных источников, могут быть обусловлены множеством факторов. В частности, различные источники могут применять отличные друг от друга методики сбора и анализа информации, станции наблюдения могут располагаться в разнообразных локациях, могут наблюдаться отличия в качестве и точности аппаратуры, существенное значение имеет используемое программное обеспечение для сбора, обработки и передачи данных. Также нельзя исключать влияние человеческого фактора как при сборе, так и при обработке данных. Электронные архивы появились сравнительно недавно, и данные из бумажных источников, вероятно, вносились в них вручную. Кроме того, некоторые данные могут быть ограничены или отсутствовать, что также способно привести к различиям в выборках из разных источников.

Несоответствие данных, полученных из различных источников, может оказать существенное влияние на точность прогнозирования метеорологических параметров. Это связано с тем, что процесс прогнозирования погоды базируется на математических моделях, требующих значительного объема точных данных для формирования корректного прогноза. Если информация, предоставленная различными источниками, не согласуется или демонстрирует значительные отклонения, это может привести к возникновению ошибок в процессе моделирования и, как следствие, к неверному прогнозу.

Следует отметить, что дополнительная очистка данных в электронных архивах, а также повышение их полноты и качества, способствует укреплению доверия к электронным источникам информации. Эти данные могут быть использованы для проведения широкого спектра исследований и моделирования различных процессов с повышенной точностью.

Проведенный анализ с использованием t-критерия выявил статистически значимые различия между наборами метеорологических данных из различных источников за период 2010-2022 гг. Единственное исключение вероятность сильного ветра. Наибольшие различия демонстрируют выборки вероятности осадков, а также интегрального показателя метеорологического потенциала загрязнения атмосферы. Планируется дальнейшее исследование разных метеорологических моделей для городов Иркутской области, используя данные с сайта rp5, поскольку он предоставляет более широкий набор городов региона по сравнению с сайтом aisiri.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асламова, В. С. Онтологическое моделирование предметной области «Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха» / В. С. Асламова, О. С. Плеханова // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. № 1(33). С. 40-49. – DOI 10.25729/ESI.2024.33.1.004. – EDN KMIBUP.
2. Ландсберг, Г. Е. Климат города / Г. Е. Ландсберг ; перевод с англ. под ред. А. С. Дубова. Ленинград : Гидрометеиздат. 1983. 248 с. : ил.; 22 см.
3. Сайт ООО «Расписание Погоды». URL: <https://rp5.ru> (дата обращения 18.10.2023).
4. Сайт Специализированные массивы для климатических исследований. URL: <http://aisori-m.meteo.ru> (дата обращения 18.10.2023).
5. Селегей Т.С., Юрченко И.П. Потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природные ресурсы. 1990. № 2. С. 132–137.
6. Селегей Т.С., Филоненко Н.Н., Ленковская Т.Н. О методике определения метеорологического потенциала загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 08. С. 725-729. DOI: 10.15372/AOO20150808.
7. Аргучинцева А.В., Кочугова Е.А. Потенциал самоочищения атмосферы // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 27. С. 3-15. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.27.3>.
8. Шагидуллин А.Р. Динамика уровней загрязнения основными газовыми примесями и показателей рассеивающей способности атмосферного воздуха в г. Казани // Системы контроля окружающей среды. 2022. № 2 (48). С. 84-91. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-2-84-91.
9. Осипова О.П. Метеорологический потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природные ресурсы. 2020. № 1. С. 185-190.
10. Аргучинцева А.В., Воложина С. Ж. Климатические особенности рассеивающей способности атмосферы в котловине озера Байкал // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле» 2010. Том 3, № 1. С. 3-17. URL: <http://isu.ru/izvestia> (дата обращения 18.02.2023).
11. Асламова, В. С. Регрессионные модели оценки комплексного техногенного загрязнения атмосферы городов Иркутского региона / В. С. Асламова, О. С. Плеханова, А. А. Асламов // Математические методы в технологиях и технике. 2023. № 8. С. 62-65. – DOI 10.52348/2712-8873_ММТТ_2023_8_62. – EDN NFClUC.
12. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 184 с.
13. Линевиц Н. Л., Сорокина Л. П. Климатический потенциал самоочищения атмосферы: опыт разномасштабной оценки // География и природ. ресурсы. 1992. № 4. С. 160-165.
14. Сорокина Л. П. Климатические аспекты формирования экологических проблем в Восточной Сибири // География и природ. ресурсы. 1995. № 3. С. 51-58.
15. Парный t-критерий Стьюдента. URL: <https://medstatistic.ru/methods/methods1.html> (дата обращения 12.03.2023).

REFERENCES

1. Website of Weather Schedule LLC. URL: <https://rp5.ru> (date accessed 10/18/2023).
2. Website Specialized arrays for climate research. URL: <http://aisori-m.meteo.ru> (access date 10/18/2023).
3. Selegey T.S., Yurchenko I.P. Potential of the dissipative ability of the atmosphere. *Geography and natural resources*, 1990, No. 2, pp. 132-137.
4. Selegey T.S., Filonenko N.N., Lenkovskaya T.N. On the methodology for determining the meteorological potential of atmospheric pollution. *Optics of the atmosphere and ocean*, 2015, Vol. 28, No. 08, pp. 725-729. DOI: 10.15372/AOO20150808.

5. Arguchintseva A.V., Kochugova E.A. Potential for self-purification of the atmosphere. *News of Irkutsk State University. Earth Science Series*, 2019, Vol. 27, pp. 3-15. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2019.27.3>.
6. Shagidullin A.R. Dynamics of pollution levels with the main gas impurities and indicators of the dispersive capacity of atmospheric air in Kazan. *Environmental control systems*. 2022, No. 2 (48), pp. 84-91. DOI: 10.33075/2220-5861-2022-2-84-91.
7. Osipova O.P. Meteorological potential of the dispersive ability of the atmosphere. *Geography and natural resources*, 2020, No. 1, pp. 185-190.
8. Arguchintseva A.V., Vologzhina S.Zh. Climatic features of the dissipative capacity of the atmosphere in the basin of Lake Baikal. *News of Irkutsk State University. Series "Earth Sciences"*, 2010. Volume 3, No. 1. pp. 3-17. URL: <http://isu.ru/izvestia> (date accessed 02/18/2023).
9. Paired Student's t-test. URL: <https://medstatistic.ru/methods/methods1.html> (access date 03/12/2023).
10. Aslamova V.S., Plekhanova O.S., Aslamov A.A. Regression models for assessing complex technogenic atmospheric pollution in cities of the Irkutsk region *Mathematical methods in technologies and technology*, 2023, No. 8, pp. 62-65. – DOI 10.52348/2712-8873_MMTT_2023_8_62. – EDN NFCIUC.
11. Aslamova V. S., Plekhanova O.S. Ontological modeling of the subject area "Anthropogenic air pollution" *Information and mathematical technologies in science and management*, 2024, No. 1(33), pp. 40-49. – DOI 10.25729/ESI.2024.33.1.004. – EDN KMIBUP.
12. Landsberg, G. E. City climate / G. E. Landsberg; translation from English ed. A. S. Dubova. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983, 248 p.
13. Bezuglaya E. Y. Meteorological potential and climatic features of urban air pollution. L.: Hydrometeoizdat, 1980. 184 p.
14. Linevich N. L., Sorokina L. P. The climatic potential of self-purification of the atmosphere: the experience of a multi-scale assessment. *Geography and nature resources*, 1992, No. 4, pp. 160-165.
15. Sorokina L. P. Climatic aspects of the formation of environmental problems in Eastern Siberia. *Geography and nature resources*, 1995, No. 3, pp. 51-58.

Информация об авторах

Плекханова Ольга Сергеевна – ассистент кафедры «Информационные системы и защита информации», ИрГУПС.

Асламова Вера Сергеевна – д.т.н., профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», ИрГУПС.

Кузнецов Петр Александрович – начальник сектора сопровождения программного обеспечения, Управления информатизации, ИрГУПС.

Information about the authors

Plekhanova Olga Sergeevna – Assistant of the Department of Information Systems and Information Security, ISTU.

Aslamova Vera Sergeevna – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Information Protection, ISTU.

Kuznetsov Petr Alexandrovich – Head of the Software Support Sector, Informatization Department, ISTU.