

УДК 625.1+551.5

Совершенствование подготовки результатов инженерно-гидрометеорологических изысканий для проектирования объектов транспортной инфраструктуры

Д. П. Самофалов, С. В. Шкурников, В. А. Голубцов

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Самофалов Д. П., Шкурников С. В., Голубцов В. А. Совершенствование подготовки результатов инженерно-гидрометеорологических изысканий для проектирования объектов транспортной инфраструктуры // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Т. 19. — Вып. 2. — С. 232–241. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-2-232-241

Аннотация

Цель: Рассматриваются особенности и проблемы, которые необходимо учитывать при подготовке отчетов по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям для разработки проектной документации. Научно-техническое сопровождение отчетной документации по инженерным изысканиям для линейных объектов показало потребность, в отдельных случаях, создания климатических моделей и карт распределения исследуемых параметров. Указывается на важность развития института метеорологических наблюдений и исследований, поскольку получаемые данные являются критичными для ряда проектируемых объектов. Приводятся рекомендации, на примере метеорологических параметров, по составлению карт распределения исследуемых параметров и построения графиков изменения их величин вдоль проектируемых линейных объектов. **Методы:** Анализ и сравнение результатов проведения инженерных гидрометеорологических изысканий с оценкой достаточности представленных данных при решении прикладных задач на линейных объектах. **Результаты:** Установлена необходимость увеличения, в ряде случаев, количества задействованных метеорологических станций для возможности создания карт распределения исследуемых параметров. Представлен пример, и выполнено сравнение созданных карт распределения с использованием данных, представленных в отчетной документации, и с дополнительными сведениями. Также установлено, что существующая сеть гидрометеорологических постов на территории Российской Федерации недостаточна для получения результатов необходимой точности, особенно при проектировании линейных объектов, а также объектов, расположенных вдоль трассы проектируемой линии. **Практическая значимость:** Продемонстрирована возможность использования карт распределения гидрометеорологических параметров для получения сведений на участках, удаленных от гидрометеорологических станций. Сделан вывод о необходимости увеличения числа станций наблюдения за исследуемыми параметрами, что снизит неоднозначность в гидрометеорологических расчетах при определении их величин для обоснования проектных решений.

Ключевые слова: Трасса железной дороги, гидрометеорология, моделирование, карта распределения параметров, гидрометеорологические станции.

Введение

Территория Российской Федерации занимает восьмую часть суши и располагается в четырех климатических зонах — от арктической до субтропической. Такое расположение, определенно, сказывается и на природно-климатических явлениях, и осадках, проявляющихся на ее территории.

Изменчивость погодных условий и значительные расстояния приводят к необходимости уделять повышенное внимание вопросу наблюдений за всевозможными явлениями и их характеристиками, что требует, в свою очередь, развития института и совершенствования методов метеорологических наблюдений. Особенно остро этот вопрос проявляется в момент проведения и разработки инженерных изысканий и проектной документации, когда недостаточность исходной информации не позволяет объективно принимать решения по проектируемым объектам и может приводить к необходимости домысливания и проведения интерполяции и экстраполяции при определении тех или иных параметров критичными для строящихся сооружений.

В данной ситуации одной из важнейших проблем является количество и размещение пунктов метеорологических наблюдений по территории Российской Федерации. Эта проблема в настоящее время решается очень медленно, что особо остро проявляется при проектировании объектов, растянутых по длине на многие километры и проходящие по практически безлюдным или малонаселенным территориям. В таких областях метеорологические станции могут отсутствовать совсем либо размещаться настолько далеко друг от друга, что в промежутке могут происходить ощутимые изменения климатических явлений. При этом не стоит забывать, что на эти явления сильнейшим образом может влиять рельеф местности, который должен учитываться при выборе местоположения метеостанций.

Следует учесть, что открытие новых метеостанций хоть и позволяет увеличить достоверность информации о происходящих природно-климатических явлениях и их параметрах в настоящий момент времени, но не дает возможности провести оценку интересующих изменений за определенный исторический период, что в свете климатических изменений [1, 2] весьма важно. В то же время должен пройти достаточно продолжительный временной период, сроком не менее 10–15 лет, чтобы накопленные данные можно было использовать в расчетах при проектировании капитальных устройств и сооружений с установленной вероятностью превышения наблюдаемых параметров.

Целый ряд результатов многолетних наблюдений, выполненных на метеорологических станциях, используется при подготовке отчетов по гидрометеорологическим изысканиям для разработки проектной документации, и от качества и количества этих данных зависят надежность проектируемых зданий и сооружений и их дальнейшая эксплуатация.

Гидрометеорологические изыскания относятся к важным и ответственным работам при разработке проектной документации, строительстве и дальнейшей эксплуатации объектов инфраструктуры, особенно когда проектируются линейные объекты, как, например, железнодорожные линии. Важность гидрометеорологических изысканий в этом случае связана с проектированием большого количества разнообразных объектов железнодорожной инфраструктуры, расположенных вдоль трассы дороги и чувствительных к различным гидрометеорологическим явлениям, поскольку они связаны с обеспечением безопасности и бесперебойности работы транспортной системы [3, 4]. К таким явлениям можно отнести: скорость ветра и его направление, толщина снежного покрова и его характеристики, температура воздуха и почвы на различной глубине, образование гололедно-изморозевых проявлений и другое.

Однако кроме самих явлений важную роль играют качество, полнота и продолжительность наблюдений за этими явлениями и их параметрами, что предопределяет точность и достоверность дальнейших гидрометеорологических расчетов, необходимых для определения или уточнения показателей величин в целях расчетного обоснования проектных решений по объектам.

В ряде случаев, когда проектируемый объект располагается в условиях неопределенности, недостаточной изученности или ограниченности исходных данных рассматриваемых гидрометеорологических явлений, может потребоваться разработка расчетной, имитационной модели природных явлений, которая позволит воссоздать с определенной степенью адекватности реальные условия. Кроме этого, созданная модель допускает возможность вносить изменения в исследуемые параметры явлений, дополнять их либо исключать, учитывать дополнительные факторы, комбинировать. Таким образом, создается возможность проведения эксперимента, в том числе с критическими параметрами для оценки рисков, в результате которого может быть проведена разносторонняя оценка воздействия исследуемых явлений на рассматриваемые инфраструктурные объекты, как по отдельности, так и в целом.

В университете проводится широкий круг исследований, связанных с проблематикой проектирования, в том числе изучаются вопросы влияния различных природных и климатических явлений на принятие решений при сооружении объектов железнодорожной инфраструктуры. Отдельные вопросы из указанной области представлены в статьях [5–10].

Материалы и методы

Немаловажное значение в подготовке гидрометеорологических отчетов имеют выбор метеорологических станций по местоположению и их количество.

При подготовке отчетных материалов по гидрометеорологическим изысканиям и проектной документации для линейных объектов исполнители работ, как показал опыт научно-технического сопровождения проектируемых объектов железнодорожной инфраструктуры, довольно часто ограничиваются минимальным количеством метеорологических станций и, как правило, расположенных в непосредственной близости от проектируемых объектов. Такой подход, особенно в условиях разреженной сети метеостанций, позволяет точно определить расчетные гидрометеорологические параметры только в непосредственной близости от площадок метеостанций. В случае необходимости расчета требуемых метеопараметров для объектов, расположенных достаточно далеко или между метеостанциями (это присуще малонаселенным районам), принимают, как правило, результаты наблюдений по ближайшей метеостанции либо, при наличии выбора, по метеостанции с наибольшими абсолютными значениями исследуемых величин. В таком случае объекты, зависящие от метеопараметров, могут быть запроектированы с недостаточным либо чрезмерным запасом прочности, что в итоге может привести к необоснованным тратам или риску нарушения бесперебойной работы инфраструктуры, а в крайних случаях — к повреждениям или разрушениям.

Учитывая вышесказанное, для более точной оценки гидрометеорологических параметров вдоль линейных объектов либо объектов, расположенных на достаточном удалении от метеостанций, где изменения исследуемых явлений становятся ощутимыми при выполнении расчетов, более целесообразно создавать и использовать карты распределения изучаемых величин.

Карты распределения могут создаваться по тому же принципу, что и топографические карты — с использованием методов построения поверхности, что обеспечит достаточную достоверность считываемых с карт параметров при

проведении расчетов в условиях ограниченности исходных данных.

Однако, как и при создании любой карты, карта распределения изучаемых параметров чувствительна к количеству точек, участвующих в ее построении, и их размещению, в рассматриваемом случае — метеостанциям [11]. От этих двух факторов будет зависеть качество получаемого результата.

Кроме этих факторов, существенное влияние на корректное формирование карты распределения могут оказать топографические и ситуационные условия местности [12].

Орография местности оказывает существенное влияние на гидрометеорологические процессы и может кардинально повлиять на распределение воздушных масс, осадков, температуры. Так, например, наличие высотной гряды может представлять собой преграду либо как минимум влиять на природные явления и приводить к иному распределению исследуемых параметров, в сравнении с другими условиями.

Также стоит вносить поправки при наличии крупных водоемов на рассматриваемой территории, влияние которых определяется площадью водной поверхности и объемом водной массы. Обладая большой тепловой инерцией (особенно незамерзающие водоемы), они выравнивают климат в течение года из-за разности теплового баланса воды и суши, повышая температуру зимой и понижая летом. Возникающий тепловой баланс непосредственно сказывается на циркуляции воздушных масс, снегопереносе, гололедно-изморозевых проявлениях и прочее. Влияние водоемов может ощущаться на расстоянии в десятки, а в отдельных случаях и до сотни километров от береговой линии.

Не последнее место оказывает на изучаемые гидрометеорологические параметры деятельность человека. Особенно это ощущается на сильно заселенной территории и вблизи ее. В первую очередь, как и в случае с водоемами,

меняется тепловой баланс застроенной территории, что сказывается на климатических явлениях и требует дополнительного учета при проведении расчетов для проектирования и эксплуатации.

Приведенные факторы должны учитываться при выборе используемых в проектной работе метеостанций и выбираться с таким расчетом, относительно проектируемого или эксплуатируемого объекта, чтобы их размещение полностью охватывало рассматриваемую территорию со всех сторон и позволяло создать непрерывную поверхность. В случае отсутствия метеорологических станций, учитывающих влияние орографии и водоемов, возможно введение поправочных эмпирических формул и коэффициентов, вносящих изменения в величины исследуемых параметров при создании карт распределения. Формула определения уточненной величины исследуемого параметра в общем виде может быть выражена следующим образом:

$$V_l = v_o \cdot k_l \cdot k_h, \quad (1)$$

где V_l — уточненная величина параметра на определенном удалении от точки измерения его величины;

v_o — исходное значение параметра в точке измерения;

k_l — функция уточняющего коэффициента, учитывающего удаление от источника измерения параметра;

k_h — функция уточняющего коэффициента, учитывающего уровень и интенсивность изменения уровня относительно исходной точки.

Представленная формула может быть использована на участках, где рельеф местности сохраняет стабильность форм и не имеет резких изменений, которые могут ощутимо повлиять на исследуемые гидрометеорологические параметры. В противном случае адекватность получаемых результатов снизится, что приведет к невозможности их использования.

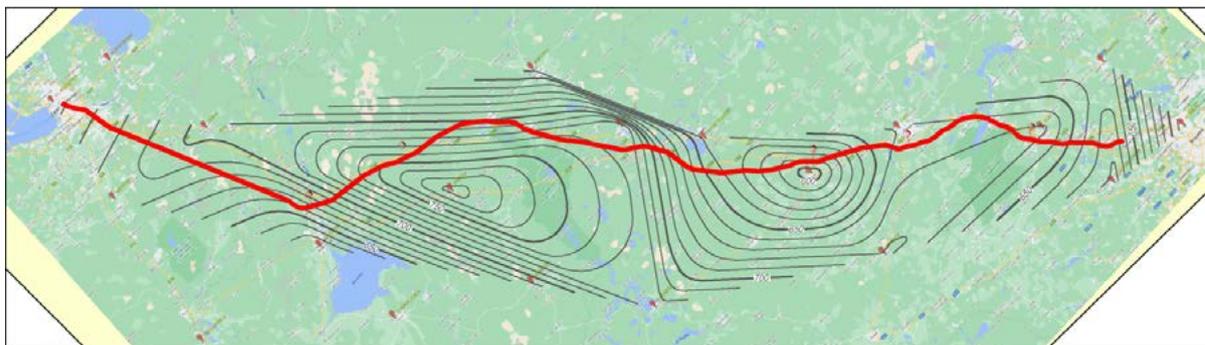


Рис. 2. Карта распределения наибольшей толщины снежного покрова

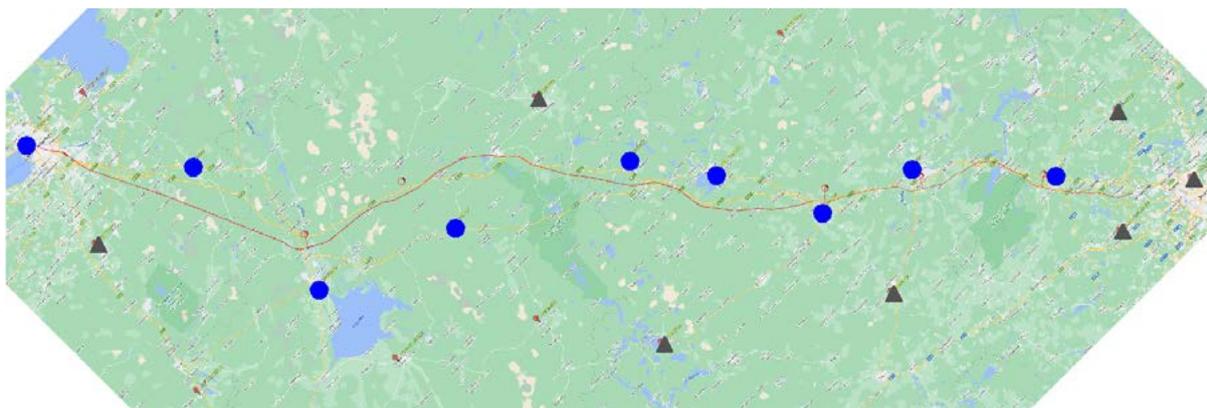


Рис. 3. Расположение метеорологических станций, участвующих в формировании карты распределения



Рис. 4. Карта распределения наибольшей толщины снежного покрова, созданная по первой группе метеостанций

параметров. Одним из таких параметров была наибольшая толщина снежного покрова, представленная на рис. 2.

На рис. 3 метеостанции поделены на две группы: первая (отмечена кружками) — исходные метеорологические станции, материалы наблюдений по которым использовались для

определения расчетных параметров, вторая (треугольники) — добавленные уточняющие метеорологические станции.

На рис. 4 представлена карта распределения наибольшей толщины снежного покрова, которая была создана с использованием первой группы метеорологических станций. Как видно из срав-

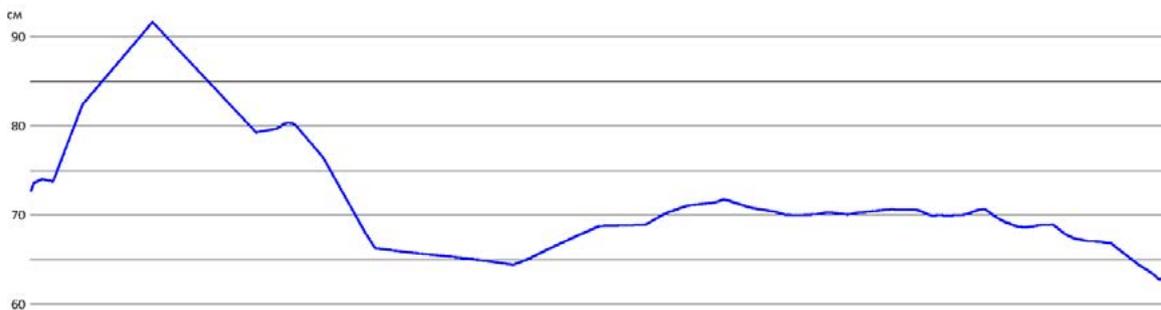


Рис. 5. График изменения наибольшей толщины снежного покрова вдоль трассы



Рис. 6. График наибольшей толщины снежного покрова вдоль трассы, созданный с использованием первой группы метеостанций

нения с картой, приведенной на рис. 2, при создании которой использовались данные наблюдений с обеих групп метеостанций, получившаяся карта распределения не только не охватывает в полной мере территорию прохождения трассы, но и предлагает совершенно отличное распределение наибольшей толщины снежного покрова на всем протяжении, что видно по форме и размещению изолиний.

Использование карт распределения параметров позволяет получить данные по требуемым величинам в любой точке территории охватываемой картой. На рис. 5 представлен график, полученный на базе карты распределения, изображенной на рис. 2, изменения одного из наблюдаемых параметров — наибольшей толщины снежного покрова — вдоль оси рассматриваемой трассы. Зная местоположение интересующего объекта, расположенного на трассе, график на рис. 5

позволит с достаточной точностью определить искомую величину исследуемого параметра.

В то же время, при недостаточном количестве учитываемых в проектной документации метеорологических станций, как отмечалось выше по тексту, качество получаемых результатов может ощутимо снижаться и не обеспечивать достаточной для использования в расчетах точности. На рис. 6 представлен график наибольшей толщины снежного покрова, полученный с использованием карты распределения, при построении которой использовались данные по метеорологическим станциям только первой группы. На рисунке выделены области, где трасса рассматриваемого объекта выходит за границы сформированной карты распределения исследуемого параметра, что не позволяет определить ни его величину, ни динамику изменения в этих пределах, и, как следствие, это скажется на результатах расчетов. При сравнении приведен-

ного на рис. 6 графика с графиком на рис. 5, который был построен на базе карты распределения рассматриваемого параметра с использованием метеостанций обеих групп, заметно существенное отличие как по форме, так и по значениям параметра наибольшей толщины снежного покрова вдоль трассы линейного объекта.

Заключение

Таким образом, по результатам инженерных гидрометеорологических изысканий могут быть составлены карты распределения параметров по всем основным наблюдаемым параметрам и использованы при выполнении расчетов. При выборе используемых в проектной документации метеорологических станций и данных наблюдений по ним необходимо учитывать орграфические характеристики, водные объекты, а также факт взаимного влияния гидрометеорологических параметров смежных метеостанций на характер их распределения в промежутке между ними. Дополнительно требуют рассмотрения территории, расположенные в границах с сильной застройкой в пределах крупных населенных пунктов, где на гидрометеорологические явления могут оказывать сильное влияние результаты жизнедеятельности человека. Такой подход позволит с достаточной степенью адекватности получать значения параметров исследуемых величин на объектах, удаленных от площадок метеорологических станций и используемых в расчетах. Также стоит отметить, что отдельной проблемой является недостаточная плотность размещения метеорологических станций и пунктов наблюдения, влияющая на качественные показатели результатов обработки исследуемых параметров.

Библиографический список

1. Erevedentsev Yu. P. Climate change on the territory of russia in the late 20th-early 21st centuries / Yu. P. Erevedentsev, A. A. Vasil'ev, B. G. Sherstyukov, K. M. Shantalinskii // *Russian Meteorology and Hydrology*. — 2021. — № 10 — Pp. 14–26. — DOI: 10.52002/0130-2906-2021-10-14-26.
2. Zolina O. G. Current climatic variability of extreme precipitation in russia / O. G. Zolina, O. N. Bulygina // *Fundamental and Applied Climatology*. — 2016. — Vol. 1. — Pp. 84–103. — DOI: 10.21513/2410-8758-2016-1-84-103.
3. Pechatnova E. V. Eprecipitation influence assessment on accidents risk outside built-up areas / E. V. Pechatnova, K. Safronov // *Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University*. — 2020. — № 4(74). — Pp. 512–522. — DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-4-512-522.
4. Gusev N. The method of estimation of the technical conditions of transport facilities used in cold regions after the accidents caused by temperature anomalies / N. Gusev, L. Svatovskaya, A. Kucherenko // *Lecture Notes in Civil Engineering*. — 2020. — № 50. — Pp. 309–318. — DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_32.
5. Solomahin A. The acceleration of hardening of non-autoclaved foam concrete with the mechano-activated binder when constructing in the arctic and cold regions / A. Solomahin, L. Svatovskaya, Y. Kamenev // *Lecture Notes in Civil Engineering*. — 2020. — № 50. — Pp. 487–494. — DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_51.
6. Mustafin M. G. Topographic-geodetic and cartographic support of the arctic zone of the Russian Federation / M. G. Mustafin, V. N. Balandin, M. J. Bryn et al. // *Journal of Mining Institute*. — 2018. — № 232. — Pp. 375–382. — DOI: 10.31897/pmi.2018.4.375.
7. Titova T. Methodical approaches for durability assessment of engineering structures in cold regions / T. Titova, R. Akhtyamov, E. Nasyrova, A. Elizaryev // *Lecture Notes in Civil Engineering*. — 2020. — № 49. — Pp. 473–478. — DOI: 10.1007/978-981-15-0450-1_49.
8. Bogomolova N. The study of railway embankment deformations in cold regions / N. Bogomolova, M. Bryn, A. Nikitchin, A. Kolos, A. Romanov // *Lecture Notes in Civil Engineering*. — 2020. — № 50. — Pp. 223–229. — DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_24.
9. Голубцов В. А. Особенности проектирования трассы железной дороги в условиях вечной мерзлоты / В. А. Голубцов, Н. С. Бушуев, С. В. Шкурников и др. // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. — 2019. — № 3(63). — С. 135–142. — DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).135-142.

10. Голубцов В. А. Проблемы проектирования железнодорожных станций в холодных регионах / В. А. Голубцов, В. В. Костенко // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2019): сборник трудов. — 2020. — С. 57–68.

11. Zinkovsky V. N. Considering atmospheric precipitations at agromeliorative calculations / V. N. Zinkovsky, T. S. Zinkovskaya // International Research Journal. — 2018. — № 5(71). — Pp. 130–135. — DOI: 10.23670/IRJ.2018.71.019.

12. Fomin A. A. Changes in agro-climatic conditions within the steppe landscapes of the krasnodar territory

according to ground observations / A. A. Fomin, V. V. Bratkov, S. V. Savinova, D. S. Astanin // International agricultural journal. — 2021. — № 6(64). — DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10417.

Дата поступления: 10.05.2022

Решение о публикации: 25.05.2022

Контактная информация:

САМОФАЛОВ Д. П. — канд. техн. наук;

ШКУРНИКОВ Сергей Васильевич —

канд. техн. наук, доцент, 3123810@mail.ru

ГОЛУБЦОВ Владимир Анатольевич — инженер;

kipjd@mail.ru

Preparation Improvement of the Results of Engineering-Hydrometeorological Research for Transport Infrastructure Facility Projection

D. P. Samofalov, S. V. Shkurnikov, V. A. Golubtsov

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Samofalov D. P., Shkurnikov S. V., Golubtsov V. A. Preparation Improvement of the Results of Engineering-Hydrometeorological Research for Transport Infrastructure Facility Projection // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2022, vol. 19, iss. 2, pp. 323–341. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2022-2-232-241

Summary

Purpose: Peculiarities and problems that should be considered, when preparing reports on engineering-hydrometeorological research, for project documentation development. Scientific-technical support of reporting documentation on engineering research for linear objects showed the need in some cases to create climate models and maps of being studied parameters distribution. The importance of the development of meteorological observation/research institution is pointed out because being obtained data are critical for being projected facility row. Recommendations, on the example of meteorological parameters, on design of distribution maps for being investigated parameters and on drawing graphs for these parameters value change along being projected linear objects. **Methods:** Analysis and comparison of the results on engineering hydrometeorological research, given assessment of sufficiency of the presented data, while solving applied tasks on linear objects. **Results:** Need to increase in some cases the number of involved meteorological stations for the possibility to create distribution maps for being studied parameters was established. An example is presented and the comparison of distribution maps, created using data from reporting documentation, with those created from additional information was made. It was also found that existing network of hydrometeorological stations on the territory of the Russian Federation is insufficient to obtain results of necessary accuracy, especially, when designing linear objects as well as objects located along the route of being projected line. **Practical importance:** The possibility of using maps of hydrometeorological parameters distribution for to obtain data in areas, being remote from hydrometeorological stations, has been demonstrated. It is concluded that it's necessary to increase the number of observation stations for being studied parameters that will reduce the ambiguity in hydrometeorological calculations when determining the parameter values for to justify projection decisions.

Keywords: Railway route, hydrometeorology, modeling, parameter distribution map, hydrometeorological stations.

References

1. Erevedentsev Yu. P., Vasil'ev A. A., Sherstyukov B. G., Shantalinskii K. M. Climate change on the territory of Russia in the late 20th-early 21st centuries. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. 2021, I. 10, pp. 14-26. DOI: 10.52002/0130-2906-2021-10-14-26. (In Russian)
2. Zolina O. G., Bulygina O. N. Current climatic variability of extreme precipitation in Russia. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya* [Fundamental and applied climatology]. 2016, vol. 1, pp. 84-103. DOI: 10.21513/2410-8758-2016-1-84-103. (In Russian)
3. Pechatnova E. V., Safronov K. E. Precipitation influence assessment on accidents risk outside built-up areas. *Vestnik sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University]. 2020, I. 4 (74), pp. 512-522. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-4-512-522. (In Russian)
4. Gusev N., Svatovskaya L., Kucherenko A. The method of estimation of the technical conditions of transport facilities used in cold regions after the accidents caused by temperature anomalies. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020, I. 50, pp. 309-318. DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_32
5. Solomahin A., Svatovskaya L., Kamenev Y. The acceleration of hardening of non-autoclaved foam concrete with the mechano-activated binder when constructing in the arctic and cold regions. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020, I. 50, pp. 487-494. DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_51
6. Mustafin M. G., Balandin V. N., Bryn M. J., Matveev A. J., Menshikov I. V., Firsov Y. G. Topographic-geodetic and cartographic support of the arctic zone of the Russian Federation. *Journal of Mining Institute*. 2018, I. 232, pp. 375-382. DOI: 10.31897/pmi.2018.4.375
7. Titova T., Akhtyamov R., Nasyrova E., Elizaryev A. Methodical approaches for durability assessment of engineering structures in cold regions. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020, I. 49, pp. 473-478. DOI: 10.1007/978-981-15-0450-1_49
8. Bogomolova N., Bryn M., Nikitchin A., Kolos A., Romanov, A. The study of railway embankment deformations in cold regions. (2020) *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020, I. 50, pp. 223-229. DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_24
9. Golubtsov V. A., Bushuev N. S., Shkurnikov S. V., Gerasimov V. A., Morozova O. S. Osobennosti proektirovaniya trassy zheleznoy dorogi v usloviyakh vechnoy merzloty [Design features of the railway route in permafrost conditions]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling]. 2019, I. 3 (63), pp. 135-142. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).135-142. (In Russian)
10. Golubtsov V. A., Kostenko V. V. Problemy proektirovaniya zheleznodorozhnykh stantsiy v kholodnykh regionakh [Problems of designing railway stations in cold regions]. *Razvitie infrastruktury i logisticheskikh tekhnologiy v transportnykh sistemakh (RILTTRANS-2019)* [Development of infrastructure and logistics technologies in transport systems (RILTTRANS-2019)]. 2020, pp. 57-68. (In Russian)
11. Zinkovsky V. N., Zinkovskaya T. S. Considering atmospheric precipitations at agromeliorative calculations. *MEZH DUNARODNYY NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKIY ZhURNAL* [INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH JOURNAL]. 2018, I. 5 (71), pp. 130-135. DOI: 10.23670/IRJ.2018.71.019. (In Russian)
12. Fomin A. A., Bratkov V. V., Savinova S. V., Astanin D. S. Changes in agro-climatic conditions within the steppe landscapes of the Krasnodar territory according to ground observations. *International Agricultural Journal*. 2021, I. 6 (64). DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10417

Received: May 10, 2022

Accepted: May 25, 2022

Author's information:

D. P. SAMOFALOV — PhD in Engineering;

Sergey V. SHKURNIKOV — PhD in Engineering,

Associate Professor, Head of Railway Research and

Development Department; e-mail: 3123810@mail.ru;

Vladimir A. GOLUBTSOV — Engineer; kipjd@mail.ru