

География

УДК 551.501; 551.502

ПЛОТНОСТЬ СЕТИ ПРИЗЕМНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.
ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО И ТОЧНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЙ

И. М. ЧЕРНЯКОВА *, Ю. А. ГЛЕДКО **

*Белорусский государственный университет,
Минск, Республика Беларусь*

Приведен анализ приземной сети метеорологических наблюдений Республики Беларусь с учетом основных требований и регламентов Всемирной метеорологической организации, а также методики Росгидромета. Произведено районирование территории Беларуси с выделением информативно-однородных метеорологических зон и сопоставление результатов с физико-географическим районированием. Даны оценка информативности каждой из однородных зон с точки зрения многоэлементного объективного анализа полей основных метеорологических параметров (температура и влажность воздуха, осадки, скорость ветра и др.).

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2025.59.2.594>

Keywords: network of meteorological stations, network density index, optimization, minimum number of observation points, meteorological parameters, zoning of the territory, optimization.

Введение. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в настоящий момент необходимым условием для получения достоверной первичной гидрометеорологической информации является правильная установка сети взаимосвязанных метеорологических пунктов наблюдения (ПН), в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации (ВМО), которые должны отвечать требованиям достоверности результатов наблюдений, с использованием проверенных и работоспособных приборов и оборудования, соблюдением требований методик наблюдений, репрезентативностью условий расположения ПН.

Цель работы – дать оценку влияния плотности сети метеорологических станций (МС) на точность и достоверность получаемых метеоданных.

Объект – государственная сеть приземных метеорологических наблюдений Республики Беларусь.

* E-mail: irinacernakova03@gmail.com

** E-mail: gledko74@mail.ru

Для достижения указанной цели необходимо решать задачи развития сети приземных метеорологических наблюдений, включающую модернизацию сети наблюдений и оптимизацию видов наблюдений. При этом необходимо учесть географию размещения ПН, достаточную для оценки изменения климата и обеспечения гидрометеорологической информацией потребителей.

Материалы и методика исследования. В ходе проведенного исследования были использованы следующие методы: картографический, графический, аналитический, математический. При оценке оптимального размещения сети гидрометеорологических наблюдений были использованы регламентированные документы и методики: Технический кодекс установившейся практики [1, 2], регламентирующие документы ВМО [3], методика Росгидромета “Методика расчета минимально необходимого количества пунктов метеорологических наблюдений” [4], а также данные Белгидромета Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь [5].

В соответствии с оптимальностью размещения ПН каждый информативно однородный метеорологический район должен быть представлен как минимум одним ПН, если его площадь не превышает 3–4 тыс. км^2 и при условии однородности рельефа. При большей площади района необходимо иметь два и более ПН с пространственным шагом 50–150 км.

Метеорологическая сеть является оптимальной для большинства наблюдаемых метеорологических величин, если:

- расстояние между МС составляет в среднем 50–60 км (индекс плотности станций равен 3,5–4,0);
- для осадков, если расстояние между ПН не превышает 20–30 км (индекс плотности равен 0,5–0,9).

Согласно рекомендациям ВМО, для оптимальной сети с индексом плотности не менее 4,0 необходимо 52 МС Для наблюдений за осадками с оптимальным индексом плотности 0,9 необходимо 230 ПН [4].

Количественные критерии рационального размещения пунктов метеорологических наблюдений, в соответствии с требованиями к необходимой плотности наблюдательной сети, подразделяются на 3 группы.

К первой группе относятся: атмосферное давление воздуха, температура почвы на глубинах и продолжительность солнечного сияния, для их определения допустимое расстояние между ПН в равнинной местности составляет 150–200 км (наименьшая плотность сети).

К второй группе относятся: температура и влажность воздуха, ветер и количество облачности, допустимое для них расстояние между ПН в равнинной местности составляет 50–60 км (средняя или оптимальная плотность сети).

К третьей группе относятся: осадки, характеристики снежного покрова и атмосферные явления, для которых необходимо, чтобы расстояния между ПН не превышали 30 км, что дает возможность интерполяции только средних месячных значений метеорологических величин и их характеристик, например сумм осадков [1].

При оценке оптимальности сети метеорологических наблюдений использовалось физико-географическое районирование Республики Беларусь [6]. Для расчета минимально количества ПН использовалась методика [4],

согласно которой, расчет минимального количества ПН (N_{\min}) для физико-географических провинций Республики Беларусь проводился по формуле:

$$N_{\min} = S_j/p_{wmo},$$

где N_{\min} – минимальное количество ПН; S_j – площадь физико-географической провинции, тыс. км^2 ; p_{wmo} – нормативный индекс плотности метеорологической сети.

Результаты исследований и их обсуждение. Государственная сеть гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь входит в состав Глобальной системы наблюдений ВМО и является основным источником данных для обеспечения гидрометеорологической информацией хозяйственного сектора, подготовки гидрометеорологических прогнозов и выдачи предупреждений об опасных явлениях погоды. Состав и охват государственной сети гидрометеорологических наблюдений определяется в соответствии с требованиями Конвенции и Технического регламента ВМО.

Основой системы получения информации о состоянии окружающей среды является наблюдательная сеть, включающая в себя наземную систему стационарных ПН, предназначенных для наблюдений за физическими и химическими процессами, происходящими в окружающей среде, определения ее гидрометеорологических и гелиогеофизических характеристик, а также для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха, почв и водных объектов.

ПН должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить комплексное изучение гидрометеорологического режима и уровня загрязнения окружающей среды. В настоящее время основой гидрометеорологической службы Республики Беларусь является государственная сеть гидрометеорологических наблюдений, включающая в себя 192 гидрометеорологических объекта:

- 6 областных центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (филиалы Белгидромета);
- 3 межрайонных центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- 68 МС, 56 из них используются при оценке прогноза погоды и др. показателей, 12 –автоматические МС (AMC);
- 7 авиационных гражданских МС;
- 5 агрометеорологических станций;
- 3 гидрологические станций;
- 1 болотная станция;
- 1 станция фонового мониторинга;
- 114 гидрологических постов.

Радиозондирование атмосферы проводят аэрологические станции в Минске, Бресте и Гомеле (рис. 1) [7].

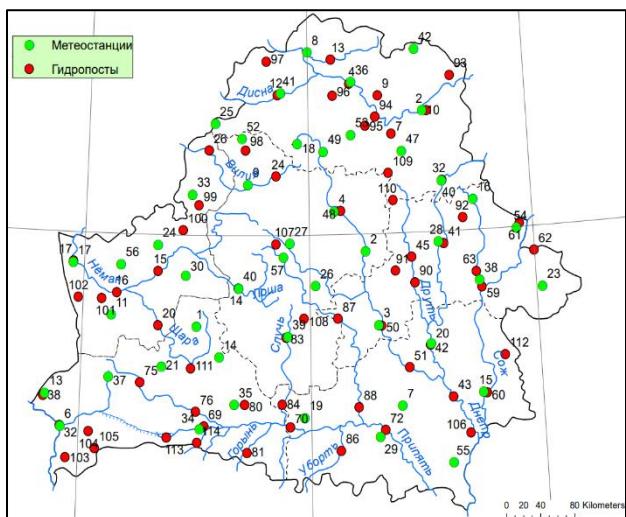


Рис. 1. Схематическая карта государственной сети гидрометеорологических наблюдений, производящей приземные метеорологические наблюдения (по полной и сокращенной программе) на территории Республики Беларусь [2].

Основные станции размещаются на территории так, чтобы обеспечивалась необходимая точность интерполяции фоновых значений метеорологических величин для любой точки территории между станциями. Основными принципами построения сети наблюдений являются:

- комплексный учет физико-географических и климатических условий, а также потребность экономики в этой информации;
- научное обоснование выделения информативно однородных в метеорологическом отношении районов на базе физико-географической классификации;
- реальная дифференциация программ наблюдений и унифицированные подходы к комплексированию видов наблюдений с целью минимизации затрат на содержание сети наблюдений;
- сочетание АМС с обычными (с персоналом) с учетом ранжирования ПН;
- разработка и внедрение средств измерений нового поколения с целью перехода в перспективе на безбумажную технологию сбора, анализа обработки информации и обеспечения потребителей.

Размещение наблюдательных станций и постов, перечень направлений наблюдений и регламент их проведения организуются с учетом следующих факторов:

- степени изменчивости наблюдаемых гидрометеорологических величин и явлений, уровня загрязнения окружающей среды;
- точности измерения (наблюдения), необходимой для обслуживания различных отраслей экономики;
- конкретной необходимости иметь сведения о тех или иных характеристиках состояния окружающей среды по данному району;
- экономических соображений [7].

Проблема оптимального построения сети является неоднозначной. Выделяются, по крайней мере, три группы критериев: информационные, экономические и ресурсные. Последняя группа касается наиболее эффективного размещения имеющихся технических средств в ПН.

Одним из показателей достаточности наблюдательной сети является индекс плотности – территория в тыс. км^2 , приходящаяся на 1 ПН. В соответствии с Руководством по Глобальной системе наблюдений (ГСН) плотность МС должна соответствовать необходимому разрешению наблюдаемых метеорологических величин и давать возможность предоставлять их достаточно точные значения в любой точке между двумя станциями в результате интерполяции с учетом влияния орографии на них.

К информационному критерию относится показатель достаточности наблюдательной сети. Метеорологическая сеть является оптимальной для большинства наблюдаемых метеорологических величин, если: расстояние между МС составляет в среднем 50–60 км (индекс плотности станций равен 3,5–4,0); для осадков расстояние между МС не превышает 20–30 км , (индекс плотности равен 0,5–0,9).

Функционирующая в настоящее время на территории Республики Беларусь сеть наблюдений (только станции) имеет средний индекс плотности 3,7, среднее расстояние между пунктами наблюдений в среднем 50–60 км .

Согласно рекомендациям ВМО, для оптимальной сети с индексом плотности не менее 4,0 необходимо 52 МС, что говорит о том, что количество станций в Республике Беларусь оптимально для прогнозирования погоды и климата. Для наблюдений за осадками с оптимальным индексом плотности 0,9 необходимо 230 ПН при функционирующих сегодня 135 ПН (56 МС + 12 АМС и 66 гидрологических постов) [3].

Проблема обоснования рационального размещения ПН наземной сети всегда относится к числу приоритетных. Одним из ключевых вопросов в этой проблеме является выбор климатической классификации и показателей районирования территории.

Расчет необходимого количества ПН по основным метеорологическим параметрам, таким как давление, температура воздуха и ветер, количество осадков произведен с учетом количественных критериев рационального размещения ПН в соответствии с требованиями к необходимой плотности наблюдательной сети. Это позволяет получить в любой точке территории путем интерполяции значения каждой метеорологической величины с требуемой точностью.

Результаты расчетов минимально необходимого количества ПН по основным метеорологическим параметрам (атмосферное давление, температура воздуха, осадки), исходя из физико-географического районирования, отражены в табл. 1.

Анализируя результаты расчетов, можно сделать вывод, что возникает необходимость пересмотра программы наблюдений на МС. При необходимости допускается исключение из планов наблюдений за атмосферным давлением более чем на 50% станций, а также возникает необходимость в увеличении на 96 ПН (включая МС и гидрологические посты) за количеством осадков, чтобы приблизиться к норме.

Минимально необходимое количество ПН по метеорологическим параметрам третьей группы, к которой относятся осадки, характеристика снежного покрова и атмосферные явления (грозы, туманы, метели и т.д.) составляет 230 ПН, при функционирующих в настоящее время 182.

Таблица 1

Результаты расчета минимально необходимого количества ПН по различным метеорологическим параметрам (составлено автором по [5])

Физико-географическая провинция	Атмосферное давление		Температура воздуха		Осадки	
	количество ПН		количество ПН		количество ПН	
	действующих	необходимых	действующих	необходимых	действующих	необходимых
Поозерская	11	4	11	9	11 (+1 АМС)	40
Западно-Белорусская	14	5	15	13	15 (+9 АМС)	52
Восточно-Белорусская	7	2	7	6	7	25
Предполесская	11	4	11	11	11	48
Полесская	12	6	12	15	12 (+2 АМС)	66
Всего	55	21	56	54	56 (+12 АМС) 66 ГП	231

Рассмотрим табл. 2 о гидрометеорологической информации по осадкам, поступающей в Белгидромет из государственной сети гидрометеорологических ПН.

Таблица 2

Гидрометеорологическая информация по осадкам, поступающая в Белгидромет (составлено автором по [5]))

Метеорологический параметр	Количество		Всего
	станций	постов	
Количество осадков	56 +11(АМС)	66	135

Таблица 3

Минимально необходимое количество ПН по метеорологическим параметрам первой группы (составлено автором по [5]))

Область	Атмосферное давление	Температура почвы	Продолжительность солнечного сияния	Минимально необходимое количество ПН (нормативное)
	количество действующих ПН			
Республика	55	49	17	20–21
Витебская	12	11	3	4
Минская	12	10	3	4
Гродненская	6	5	4	2–3
Могилевская	8	7	2	3
Брестская	9	9	3	3
Гомельская	8	7	2	4

Используя информацию по осадкам со всех ПН, представленных в табл. 2, можно сделать вывод, что количество ПН за атмосферными осадками недостаточное относительно оптимально необходимого (135), для этого необходимы дополнительные наблюдения (в настоящий момент это можно решить, используя дорожно-измерительные станции, которые предоставляет РУП “МинскАвтодор-Центр” Белгидромету).

Достаточность сети наблюдений относительно измерения различных метеорологических параметров может быть разной. В табл. 3 и 4 показаны результаты расчетов по группам метеорологических параметров.

Таблица 4

*Минимально необходимое количество ПН по метеорологическим параметрам второй группы
(составлено автором по [5])*

Область	Температура воздуха	Влажность	Облачность	Ветер	Минимально необходимое количество ПН (нормативное)
	количество ПН				
Республика	56	55	47	55	52
Витебская	12	12	11	12	10
Минская	13	12	9	12	10
Гродненская	6	6	5	6	6
Могилевская	8	8	7	8	7
Брестская	9	9	8	9	8
Гомельская	8	8	7	8	10

Из табл. 3 и 4 видно, что в настоящий момент сеть наблюдений близка к достаточной (оптимальной) по основным метеорологическим параметрам, таким как температура воздуха, направление и скорость ветра, атмосферное давление, температура почвы, но существует необходимость в дополнительных пунктах наблюдений за продолжительностью солнечного сияния и облачностью. Кроме того, существует необходимость в дополнительных ПН в Гомельской области.

Так, для построения оптимально необходимой метеорологической сети наблюдений, по метеорологическим параметрам первой группы, в соответствии с регламентом ВМО есть необходимость ввести в программу наблюдений наблюдения за продолжительностью солнечного сияния на 3–4 станциях. Возможно при необходимости сокращение программы наблюдений на 35–36 МС по параметру атмосферное давление, на 28–29 – по измерению температуры почвы, на 3–4 МС – по параметрам температура воздуха, влажность, ветер.

Далее рассмотрим, где необходимы дополнительные наблюдения на существующих ПН (либо дополнительные ПН) исходя из физико-географического районирования Республики Беларусь. При выборе предполагаемого ПН, на котором есть необходимость введения дополнительных наблюдений, также учитывалась возможность интерполяции метеорологических параметров между двумя ПН, что является необходимым условием для контроля наблюдаемых метеорологических параметров.

Рассмотрим четыре вида метеорологических наблюдений (температура воздуха, влажность, параметры ветра и давление) по которым проводятся наблюдения на МС. При этом, используя физико-географическое районирование территории, были даны следующие рекомендации по адаптации сети наблюдений: необходимо добавить 3 ПН за данными параметрами в Белорусской Поозерской провинции: Суражская и Лучосская низины, Шумилинская равнина; в Западно-Белорусской провинции – в Средненеманской и Верхненеманской низинах, Слонимской возвышенной равнине и Копыльской гряде; в Предполесской провинции – в районе Чечярской равнины; в Полесской провинции – в Малоритской равнине и Комаринской низине. Кроме того, необходимо как минимум два ПН в следующих физико-географических районах: Ясьельдинско-Случской и Среднеприпятской низинах. В Восточно-Белорусской провинции достаточно ПН в каждом из физико-географических районов.

Далее проанализируем сеть ПН, где производятся наблюдения за температурой почвы. Измерения за температурой почвы (на глубине 2 см) в настоящий момент проводятся на 49 ПН из 56. Отсутствуют наблюдения на следующих МС: “Россоны” Витебской области (Поозерская провинция), “Плещеницы”, “Минск, ул. Независимости” Минской области (Западно-Белорусской провинции), “Щучин” Гродненской области (Западно-Белорусской провинции), “Большой Межник” Могилевской области (Восточно-Белорусской провинции), “Солигорск” Минской области (Предполесской провинции), “Лельчицы” Гомельской области (Полесской провинции). Исходя из физико-географического районирования и плотности сети наблюдений, для полноты наблюдений за температурой почвы необходимо, как и для метеорологических явлений первой группы, добавить ПН за температурой почвы в соответствии с рекомендациями выше.

При рассмотрении сети ПН за измерениями облачности было выявлено, что измерения в настоящий момент проводятся на 47 ПН из 56. Отсутствуют наблюдения на следующих МС: “Россоны” Витебской области (Поозерская провинция), “Плещеницы”, “Минск, ул. Независимости”, “Самохваловичи”, “Солигорск” Минской области (Западно-Белорусская провинция), “Большой Межник” Могилевской области (Восточно-Белорусская провинция), “Лельчицы” Гомельской области (Полесская провинция), “Щучин” Гродненской области (Западно-Белорусская провинция), “Дрогичин” Брестской области (Полесская провинция). Необходимо добавить ПН за облачностью в соответствии с рекомендациями выше.

При анализе сети ПН за измерениями продолжительности солнечного сияния, было выявлено, что в настоящий момент времени проводятся наблюдения на 17 ПН из 56. Из них: 3 ПН в Витебской области (“Верхнедвинск”, “Шарковщина”, “Б. Заповедник”), 4 ПН в Гродненской области (“Гродно”, “Новогрудок”, “Ошмяны”, “Волковыск”), 3 в Минской (“Минск”, “М. Горка”, “Солигорск”), 2 в Могилевской (“Большой Межник”, “Костюковичи”), 3 в Брестской (“Брест”, “Пинск”, “Полесская”), 2 в Гомельской области (“Василевичи”, “Гомель”). Необходимо как минимум еще 3–4 ПН для оптимальной сети наблюдений, в перспективе необходимо добавить на остальных МС

Заключение. В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы и рекомендации: на метеорологической сети наблюдений возникает необходимость пересмотра программы наблюдений на МС При необходимости, допускается исключение из планов наблюдений наблюдения за атмосферным давлением более чем на 50% МС, а также возникает необходимость в увеличении на 163 МС (учитывая и АМС) и на 96 ПН, включая гидрологические посты, за количеством осадков (необходимо минимум 230), чтобы приблизиться к норме. Используя информацию по осадкам со всех ПН, можно сделать вывод, что их количество недостаточно относительно оптимально необходимого (135), для этого необходимы дополнительные наблюдения.

Так, для построения оптимально необходимой метеорологической сети наблюдений, по метеорологическим параметрам первой группы, в соответствии с регламентом ВМО, есть необходимость ввести наблюдения за продолжительностью солнечного сияния на 3(4) МС Возможно, при необходимости, сокращение программы наблюдений на 35–36 МС по такому метеорологическому параметру, как атмосферное давление, на 28–29 МС – по измерению температуры почвы, на 3(4) МС – по измерению температуры воздуха, влажности и ветра.

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящий момент времени сеть наблюдений близка к достаточной (оптимальной) по основным метеорологическим параметрам, таким как температура воздуха, направление и скорость ветра, атмосферным давлением, температурой почвы (2 см), но существует необходимость в дополнительных ПН за продолжительностью солнечного сияния. Кроме того, существует необходимость в дополнительных ПН в Гомельской области.

Поступила 04.04.2025

Получена с рецензии 09.06.2025

Утверждена 15.08.2025

ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила организации государственной сети гидрометеорологических наблюдений и сети наблюдений для целей мониторинга окружающей среды.* ТКП 17.10-23-2010. Минск, Бел НИЦ “Экология” (2010), 34.
2. Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях. ТКП 17.10-12-2009. Введ. 09.03.2009. Минск, Бел НИЦ “Экология” (2009), 181.
3. Наставление по Глобальной системе наблюдений. ВМО № 544. Т-1: Глобальные аспекты (дополнение V к Техническому регламенту ВМО). Женева, ВМО (2010).
4. Методика расчета минимально необходимого количества пунктов метеорологических наблюдений. Утв. приказом Росгидромета 05.09.2008 (2008), 18.
5. ГКК Государственный климатический кадастровый: материалы наблюдений Государственной сети гидрометеорологических наблюдений Республики Беларусь (2025), № свидетельства 0870100021.
6. Брилевский М.Н. *Физическая география Беларуси* (пособие). Минск, БГУ (2022), 119.
7. *История Гидрометслужбы.*
<https://belgidromet.by/ru/history-ru/>

Ի. Ա. ԶԵՐՆՅԱԿՈՎԱ, Յու. Ա. ԳԼԵԴԿՈ

ԲԵԼԱՌՈՒՄԻՒՄԻ ՀԱՄԱՊԴԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՐԿՐՈՎՑԻՆ
ՕԴԵՐԵՎՈՒԹՅԱԲԱՆԱԿԱՆ ԿԱՅԱԼՍԵՐԻ ՑԱՆՑԻ ԽՏՈՒԹՅՈՒՆԸ.
ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՈՐՎԱԿԻ ԵՎ
ՃԵԳՔՏՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ամփոփում

Բերվում է Բելառուսի Հանրապետության երկրային օդերևութարանական դիտարկումների ցանցի վերլուծությունը՝ հաշվի առնելով Համաշխարհային օդերևութարանական կազմակերպության հիմնական պահանջները և կանոնակարգերը, ինչպես նաև Ռուսիայի մեթոդաբանությունը: Բելառուսի Հանրապետության տարածքը բաժանվել տեղեկատվական համասեռ օդերևութարանական գոտիների և արդյունքները համեմատվել են ֆիզիկաաշխարհագրական շրջանացման հետ: Տրվում է յուրաքանչյուր համասեռ գոտիների տեղեկատվականության գնահատականը՝ հիմնական օդերևութարանական պարամետրերի (օդի ջերմաստիճան և խոնավություն, տեղումներ, քամու արագություն և այլն) դաշտերի բազմատարք օրյեկտիվ վերլուծության տեսանկյունից:

I. M. CHERNYAKOVA, J. A. HLEDKO

NETWORK DENSITY OF SURFACE METEOROLOGICAL STATIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS. IMPACT ON THE QUALITY AND ACCURACY OF OBSERVATIONS

Summary

The analysis of the surface network of meteorological observations of the Republic of Belarus is given, taking into account the basic requirements and regulations of the World Meteorological Organization, as well as the methodology of the Russian Hydrometeorological Service. The zoning of the territory of the Republic of Belarus was carried out with the allocation of informatively homogeneous meteorological zones and the comparison of the results with the physical and geographical zoning. The information content of each of the homogeneous zones is assessed from the point of view of a multi-element objective analysis of the fields of the main meteorological parameters (air temperature and humidity, precipitation, wind speed, etc.).