

Александр Щавлев,
заместитель директора по научной
работе Научно-производственного
центра многофункциональных
беспилотных комплексов НАН Беларусь,
кандидат технических наук

Игорь Анисьев,
ведущий научный сотрудник НПЦ
многофункциональных беспилотных
комплексов НАН Беларусь, кандидат
экономических наук, доцент

Юрий Семак,
ведущий научный сотрудник НПЦ
многофункциональных беспилотных
комплексов НАН Беларусь, кандидат
технических наук, доцент

Инна Маркова,
младший научный сотрудник НПЦ
многофункциональных беспилотных
комплексов НАН Беларусь;
innamarkova1800@gmail.com

Ань Суан Нгуен,
директор Института геофизики
Вьетнамской академии наук
и технологий, доктор физико-
математических наук

Наблюдения в планетарном пограничном слое атмосферы на основе беспилотной платформы

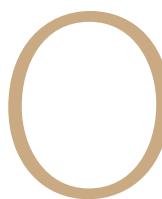
УДК 57.045:551.501.7:629.7.054

Аннотация. Рассматривается концепция подсистемы наблюдения за атмосферой в планетарном пограничном слое на основе малоразмерной беспилотной воздушной платформы самолетного типа. Анализируются технические возможности и преимущества данной системы, а также рассматриваются классические методы атмосферного наблюдения и их основные ограничения. Кроме того, выявлены перспективные направления дальнейшего развития применения беспилотных воздушных платформ в области мониторинга атмосферы.

Ключевые слова: атмосфера, параметры атмосферы, планетарный пограничный слой атмосферы, мониторинг загрязненности, подсистема, беспилотная воздушная платформа, целевая нагрузка.

Для цитирования: Щавлев А., Анисьев И., Семак Ю., Маркова И., Нгуен А.С. Наблюдения в планетарном пограничном слое атмосферы на основе беспилотной платформы // Наука и инновации. 2025. №11. С. 65–72.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-11-65-72>

Исследование атмосферы в планетарном пограничном слое («слой трения») атмосферы Земли – активная и многогранная область познания. Пограничный слой атмосферы относится к той ее части, которая подвержена суточным изменениям. Для того чтобы повысить достоверность и точность прогнозов погоды и изменений климата, эффективно управлять различными видами деятельности, а также предотвращать экологические катастрофы, требуется постоянное исследование процессов в атмосфере. Такие исследования способствуют развитию положений современной теории пограничного слоя атмосферы. В основе данной деятельности лежат результаты наблюдений, суть которых – получение метеорологической информации об атмосфере. Это совокупность сведений для прогнозирования метеорологических явлений, обеспечения безопасности авиационных полетов, выполнения расчетов, связанных с конструированием, испытанием и эксплуатацией летательных аппаратов и приборов, а также необходимых при создании теорий физики атмосферного планетарного пограничного слоя. Особо ценна информация о вертикальной структуре (профиле) тропосферы и ее динамике в зависимости от высоты.



бщеизвестно, что вертикальные профили метеорологических величин сильно изменчивы. Путем проведения большого количества исследований уже получены обобщенные эмпирические вертикальные профили подобия для метеорологических параметров в атмосферном планетарном пограничном слое, а также аппроксимирующих их функций [1]. Это позволило значительно продвинуться в понимании явлений в планетарном пограничном слое (ППС) атмосферы. Однако вопрос о структуре и динамике атмосферного планетарного пограничного слоя в условиях существенно устойчивой и неустойчивой стратификаций при наличии атмосферных температурных инверсий в условиях неоднородной поверхности остается недостаточно изученным. Не менее важна проблема наблюдения за атмосферными турбулентностями в ППС. Измерения турбулентности в пограничном слое атмосферы (ПСА) наиболее интенсивно проводились с 50-х гг. прошлого века. Причем в качестве основных средств использовались специальные метеорологические мачты, на которых размещались датчики и привязные аэростаты, радиозонды. Эти методы давали возможность получать вертикальные профили основных метеорологических параметров – скорости и направления ветра, температуры воздуха, а также турбулентности до высот 50–300 м – практически только в приземном слое [2].

Информация о профилях температуры, влажности и скорости ветра является также важным фактором исследований состава (газового и аэрозольного) атмо-

сферы, а также составной частью подспутниковых экспериментов. Данные сведения особо востребованы для верификации и совершенствования численных моделей погоды и климата.

На информативность, точность и достоверность результатов исследований оказывает существенное влияние способ измерения параметров атмосферы.

Для проведения прямых измерений в нижнем слое атмосферы [3] используют контактные методы наблюдений. Обычный способ измерения профилей метеопараметров в атмосфере – радиозондирование с применением воздушных шаров. Однако данный способ дорогой, основан на одноразовом использовании средств наблюдения и обременен разреженностью сети аэрологических наблюдений и низким временным разрешением, так как на большинстве аэрологических станций зондирование производится в лучшем случае 2 раза в сутки [4].

Поэтому налицо основной комплекс недостатков классических наблюдений: редкое зондирование атмосферы, сложность организации аэрологической станции, особенно при пересеченном рельефе, высокая стоимость комплектующих для радиозонда, невозможность установки высотных метеорологических мачт в труднодоступных болотистых местах, а также наличие эксплуатационных и функциональных ограничений [4].

Для наблюдения за состоянием атмосферы также используются многоуровневые контактные измерения на метеорологических мачтах различной высоты. Но их результаты имеют дискретный характер и охватывают лишь приземный слой высотой до несколь-

ких сотен метров. При этом требуется особое внимание уделять соблюдению точности взаимной калибровки метеорологических датчиков.

Перспективный способ наблюдения, в том числе и мониторинга вертикальной структуры атмосферы с высоким пространственно-временным разрешением – дистанционное зондирование с помощью радаров, лидаров, содаров, а также профилемеров температуры и влажности. Однако такое оборудование весьма сложное, относительно дорогое и требует больших затрат на обеспечивающую его инфраструктуру.

Наиболее полную информацию о строении пограничного слоя атмосферы возможно получать с помощью воздушных платформ (например, самолетов-лабораторий), но это тоже весьма дорого и накладно при практически востребованной интенсивности полетов.

Новые возможности для наблюдений за атмосферой в планетарном пограничном слое предоставляют беспилотные воздушные платформы – БЛА различного типа. С помощью измерителя параметров атмосферы, который конструктивно выполнен в виде штатнойцевевой нагрузки (ЦН) для БЛА, происходит регистрация первичной информации, в том числе параметров атмосферы, на всем маршруте полета летательного аппарата. Маршрут полета БЛА обеспечивает охват пространства оценки планетарного пограничного слоя. При этом процесс получения метеорологических сведений обеспечивается единым целым и при необходимости удобно разделяется на этапы поступления первичной и вторичной информации [5].

Первичная информация – это «сырые» потоки данных, полученные непосредственно от источника информации (измерителей) путем измерения характеристик атмосферы, а также координаты и параметры движения барицентра беспилотной воздушной платформы в пространстве оценки планетарного пограничного слоя. Вторичная информация представляет собой обработанную или интерпретированную первичную. Для использования первичной информации потребителем необходимо привести ее к целевому виду.

Упрощенный вид процесса передачи временных рядов первичной информации с БЛА приведен на *рис. 1*. Смысл представления первичной информации заключается в приведении ее к виду, пригодному для хранения, использования, передачи и обработки конечным пользователем, то есть потребителем.

Первичная информация регистрируется в виде временного потока данных от измерителей (датчиков) параметров атмосферы. Современные измерительные средства позволяют улучшать и повышать качество измерения, моделирования и мониторинга атмосферных процессов. Реализуемый поток данных содержит следую-

щие сведения и оценки параметров: время регистрации, географическое положение (координаты) и высота барицентра беспилотной воздушной платформы (БВП), ее путевая скорость, воздушная скорость, направление ветра, давление, температура, относительная влажность, концентрация аэрозолей (PM2,5), концентрация озона (O_3). Совокупность регистрируемых показателей, организованных по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования, представляется в виде базы данных, которая не зависит от прикладных программ и служит объектом управления данными [5].

Таким образом, целью представления первичной информации является преобразование сообщений, организованных в базе данных на физическом уровне (ХН2.54-4Р), в сообщения, организованные на логическом уровне, то есть в вид, удобный для восприятия человеком и использования в работе (*таблица*). Минимальная дискретность временного интервала представления первичной информации определяется техническими характеристиками измерителя параметров атмосферы в планетарном пограничном слое.

Электронная таблица формируется в формате (расширение .xlsx), согласуемом с программой Excel, что позволяет использовать статистические методы обработки данных для вывода вторичной информации [5]. Полученные вышеперечисленные ряды с помощью средств обработки опытных данных (математической статистики) приводятся к виду, пригодному для использования в различных моделях современной теории пограничного слоя атмосферы.

В отличие от использования зонда, идея состоит в возможности послойного снятия данных в симметричных точках на разном уровне по маршруту полета – за один вылет и с использованием одного и того же оборудования, показания которого мало зависят от перемещения воздушных потоков.

Практическая новизна решаемых задач состоит в разработке интегрированной подсистемы наблюдения за атмосферой на основе технологий БВП. В качестве носителя исследовательского оборудования используется специально модернизированная скоростная воздушная платформа самолетного типа (БЛА «Бусел-М40»), что позволяет охватить весь диапазон высот планетарного пограничного слоя (до 3000 м), минимизировать влияние воздушных потоков, оптимизировать состав измерительного оборудования и передавать первичную



Рис. 1. Упрощенный вид процесса передачи первичной информации

Время, чч, мм,сс	Координаты	Высота, м	Скорость, м/с	Напр. ветра	Давление, МПа	Температура, град С	Относит. влажность, %	PM2,5	O_3	CO	CH ₂ O
...	с.ш.	в.д.	пут.	возд.							
...											

Таблица. Таблица параметров атмосферы в планетарном пограничном слое



Рис. 2. Общий вид планера БВП на основе малоразмерного БЛА «Бусел-М» (без ЦН)

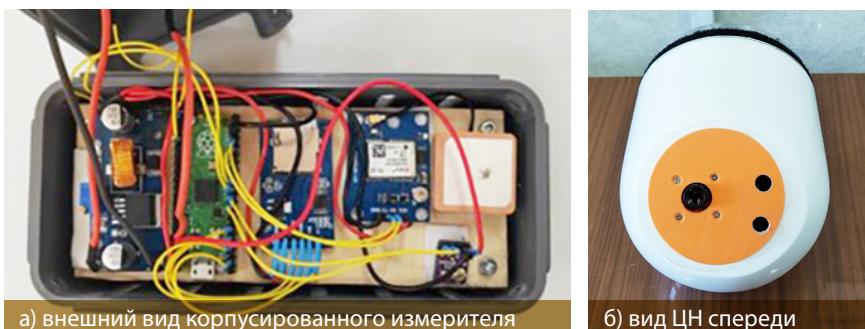


Рис. 3. Внешний вид измерителя параметров атмосферы планетарного гравитационного слоя ZPHS01B и целевой нагрузки

информацию в режиме реального времени. Размах крыла БЛА «Бусел-М40» (рис. 2) составляет 2,74 м, максимальная взлетная масса – 14 кг, крейсерская воздушная скорость горизонтального полета – 65–70 км/ч, радиус действия – до 60 км, диапазон высот полета – до 3000 м, продолжительность полета на крейсерской скорости – до 2 ч.

Беспилотный летательный аппарат имеет несложное, интуитивно воспринимаемое ручное и автоматическое управление, а также надежную систему автопилотирования. Автопилот автоматически выравнивает планер и удерживает ориентацию

БЛА по горизонтали, что делает его маневрирование плавным и безопасным. В функции автопилота также входит автоматический возврат в точку старта при потере связи с наземным пультом управления. Система радиосвязи беспилотного авиационного комплекса (БАК) обеспечивает отображение данных телеметрии на дисплее APM оператора. Непрерывно ведется запись таких параметров полета БЛА, как координаты, высота, скорость полета, показания компаса и гироскопа, состояние аккумуляторной батареи, режимы работы навигатора и автопилота и др. При измерениях с борта БЛА компоненты скоро-

сти ветра могут определяться как разность между векторами воздушной скорости летательного аппарата и скорости его движения относительно Земли. Для вычисления вектора воздушной скорости с помощью приемников давлений могут измеряться аэродинамические углы набегающего воздушного потока; его же скорость может определяться по динамическому и статическому давлениям. Вектор скорости движения БЛА относительно Земли фиксируется с помощью инерциальных навигационных систем INS и систем глобального позиционирования GPS.

При помощи БВП, оснащенной целевой нагрузкой (ЦН) (рис. 3) – измерителем параметров атмосферы (ИПА), можно определять (оценивать) содержание основных химических загрязнителей атмосферного воздуха: углекислого газа (CO_2), озона (O_3), формальдегида (CH_2O),monoоксида углерода (CO , угарный газ), микрочастиц аэрозоля PM2,5. Результаты измеренных вертикальных профилей массовой концентрации аэрозоля PM2,5 дают возможность оценить интенсивность загрязнений, в том числе и в городских условиях. Все измерители монтируются в элемент БВП, называемый целевой нагрузкой.

Разработанный действующий экспериментальный макет целевой нагрузки включает многокомпонентный модуль контроля качества воздуха ZPHS01B (Winsen), датчик атмосферного давления, влажности и температуры BME280, GPS-модуль NEO-M8N, Raspberry Pi Pico программируемый контроллер на базе RP2040, курсовую камеру RunCam Swift 2 [5]. Воздушная платформа на основе БЛА с данной ЦН способна регистрировать в том числе метеорологические

величины для оценивания структуры пограничного слоя атмосферы. Более того, при исследованиях структуры ПСА выше приземного слоя (на высотах более 150–300 м) использование беспилотного средства с прагматической точки зрения практически не имеет альтернативы.

Возможная интеграция ПНА на основе малоразмерной БВП в структуру Глобальной службы атмосферы (ГСА) как части Глобальной системы наблюдений (ГСН) (рис. 4) может быть осуществлена при помощи следующих вспомогательных программ:

- *управления данными (мониторинг потока информации и управление им в рамках системы службы погоды для обеспечения качества и своевременного поступления данных, использования стандартных форматов их представления для удовлетворения потребностей потребителей);*
- *поддержки систем службы погоды (обеспечивает конкретное техническое руководство, подготовку кадров, оперативное информационное обслуживание).*

Архитектура подсистемы обладает свойством «гибкости», имеет модульную структуру и построена на принципах взаимодействия открытых систем, то есть для обеспечения технических возможностей, например интеграции в нее дополнительных станций, датчиков и/или периферийных устройств. Концепция сети подсистемы предусматривает опцию выбора средств маршрутизации данных и альтернативных средств связи, адаптированных к последним технологическим достижениям [6].

Потребности в данных наблюдений специфичны для различ-

ных областей применения. Так, для некоторых из них (сельское хозяйство и производство продовольствия, авиаация, сухопутный транспорт) помимо экологического мониторинга атмосферы и прогнозирования погоды предоставляется периодическое или оперативное метеорологическое обслуживание.

Из всех аэрологических методов, использующих телеметрические сигналы для сбора данных, наиболее распространенными остаются радиозондовые наблюдения (рис. 5).

Большинство современных радиозондов, в сущности, измеряют основные переменные температуры, давления и относительной влажности (или точки росы) с помощью датчиков, установленных на приборном блоке, который снабжен также радиочастотным передатчиком. Он передает эти данные на наземное приемное оборудование, где они непосредственно вводятся в компьютер для последующего анализа на автоматизированном рабочем

месте метеоролога (рис. 6). Независимо от используемого метода эта информация должна переводиться в форму, которую можно легко распознавать и стандартизировать в соответствии с Техническим регламентом (ВМО-№ 49) [7].

Конструкция радиозонда на базе малогабаритной БВП и размещение на ней датчиков должны быть такими, чтобы свести к минимуму неблагоприятные воздействия на прибор солнечной и земной радиации, осадков, испарения или его обледенения. При необходимости вносятся соответствующие поправки на радиацию. За несколько минут до запуска радиозонда на базе БВП проводится контрольное (проверочное) снятие показаний с каждого датчика [6].

На синоптической аэрологической станции вертикальное расстояние набирающего высоту радиозонда определяется посредством получения информации о телеметрии БВП или слежения с помощью высокоточного радиолокатора. Измеряемые радиозондом



Рис. 4. Блок-схема интеграции подсистемы наблюдения атмосферы в планетарном пограничном слое на основе малоразмерной БВП

переменные величины, желательные диапазоны и требования к неопределенности приведены в Руководстве по метеорологическим приборам и методам наблюдений (ВМО-№8), часть I, глава 12, приложение 12А [8].

Летний эксперимент, проводившийся в Республике Беларусь 12.10.2024 г. с 12.00 до 14.00, позволил исследовать параметры/свойства атмосферных слоев на различных высотах (до 3000 м, что видно на *рис. 7 и 8*).

В ходе летного эксперимента [5] измеренные данные сформированы в файл регистрации с расширением .txt (*рис. 9*).

После первичной обработки данных файл с расширением .txt конвертирован в файл с расширением .xlsx (Excel). При обработке экспериментальных данных были получены следующие результаты: с увеличением высоты температура изменялась от 17 до 2,3 °C, атмосферное давление – от 1019,41 до 926,97 hPa, относительная влажность – от 76 до 36%, концентрация аэрозолей (PM2,5) – от 0 до 23 мкг/м³; концентрация углекислого газа примерно одинакова на всем диапазоне измерений – около 400 ppm, озона – от 0 до 0,23 ppm, формальдегида – от 0 до 0,018 mg/m³; скорость ветра менялась от 2 до 10 м/с (некоторые параметры представлены на *рис. 10*).

Метеоданные, полученные с помощью БВП, могут быть интегрированы в базы данных метеостанций для повышения не только оперативности, но и информативности при решении задач прогнозирования погоды.

Актуальное направление дальнейшего развития использования ИПА на БВП – разработка систем автоматизированной передачи информации с БЛА на наземные метеостанции

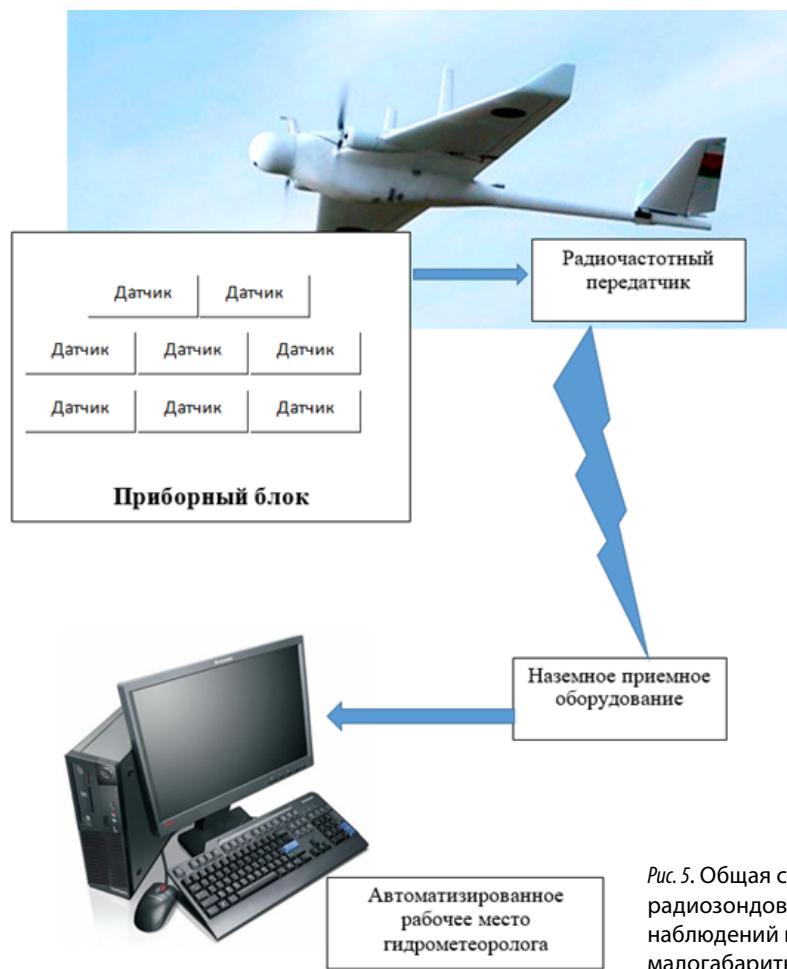


Рис. 5. Общая схема радиозондовых наблюдений на базе малогабаритных БВП

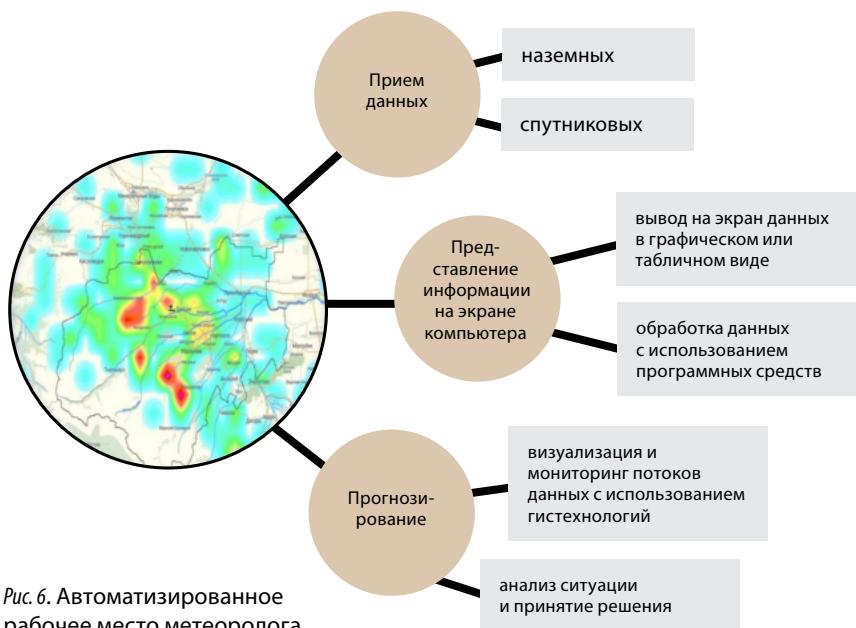


Рис. 6. Автоматизированное рабочее место метеоролога

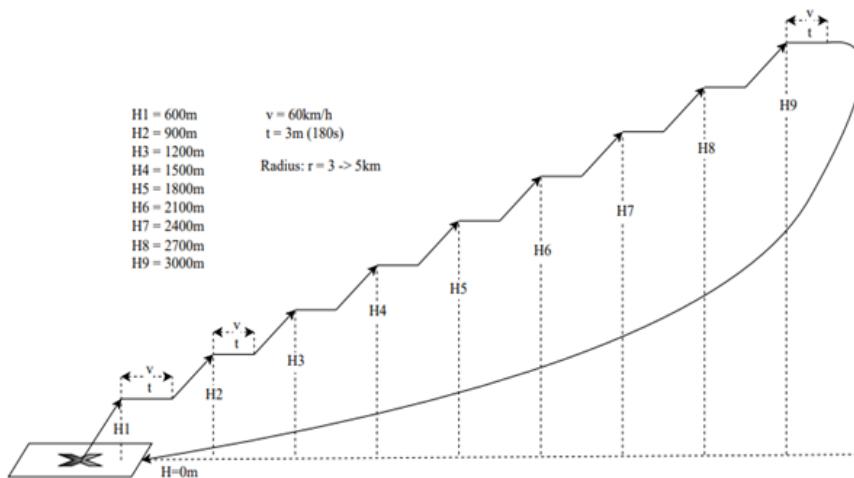


Рис. 7. Схема профиля экспериментального полета БВП



Рис. 8. График изменения высоты в зависимости от времени

```

2412 [13:35:21]: {'sensor_data': {'PM1.0': '18 ug/m3', 'PM2.5': '23 ug/m3', 'PM10': '25 ug/m3', 'VOC': '0',
  'CO2': '403 ppm', 'Humidity': '77 %', 'CH2O': '0.01 mg/m3', 'CO': '0.5 ppm', 'O3': '10.0 ppm',
  'Temperature': '17.5 C', 'NO2': '0.18 ppm', 'bme280_data': {'Temperature': '14.63C', 'Pressure':
  '874.51hPa', 'Humidity': '52.19%'}, 'gps_data': {'time': '13:35:21', 'altitude': '1369.4', 'geoid_height':
  '23.9', 'latitude': '54.666107', 'longitude': '27.561411', 'satellites_in_use': 9}}
2413 [13:35:23]: {'sensor_data': {'PM1.0': '18 ug/m3', 'PM2.5': '23 ug/m3', 'PM10': '25 ug/m3', 'VOC': '0',
  'CO2': '400 ppm', 'Humidity': '77 %', 'CH2O': '0.01 mg/m3', 'CO': '0.5 ppm', 'O3': '10.0 ppm',
  'Temperature': '17.5 C', 'NO2': '0.18 ppm', 'bme280_data': {'Temperature': '14.64C', 'Pressure':
  '874.64hPa', 'Humidity': '52.19%'}, 'gps_data': {'time': '13:35:23', 'altitude': '1371.7', 'geoid_height':
  '23.9', 'latitude': '54.666206', 'longitude': '27.562159', 'satellites_in_use': 9}}
2414 [13:35:24]: {'sensor_data': {'PM1.0': '18 ug/m3', 'PM2.5': '23 ug/m3', 'PM10': '25 ug/m3', 'VOC': '0',
  'CO2': '400 ppm', 'Humidity': '77 %', 'CH2O': '0.01 mg/m3', 'CO': '0.5 ppm', 'O3': '10.0 ppm',
  'Temperature': '17.5 C', 'NO2': '0.18 ppm', 'bme280_data': {'Temperature': '14.50C', 'Pressure':
  '874.42hPa', 'Humidity': '52.08%'}, 'gps_data': {'time': '13:35:24', 'altitude': '1372.7', 'geoid_height':
  '23.9', 'latitude': '54.666256', 'longitude': '27.562527', 'satellites_in_use': 9}}

```

Рис. 9. Фрагмент файла регистрации параметров с расширением .txt

и центры обработки данных, что позволит быстро осуществлять комплексный анализ и использовать полученную информацию в области метеорологии и климатологии. Пути практического применения результатов исследования – запуск БВП с ЦН (ИПА) для регулярного мониторинга уровня загрязняющих веществ в атмосфере в целях оперативного реа-

гирования на ухудшение экологической ситуации в городах и/или промышленных зонах. Задействование новой разработки в мониторинге климатических изменений позволит повысить достоверность метеопрогнозов, а в мониторинге атмосферных условий в сельскохозяйственных регионах – обеспечит агрономов данными для принятия более обоснован-

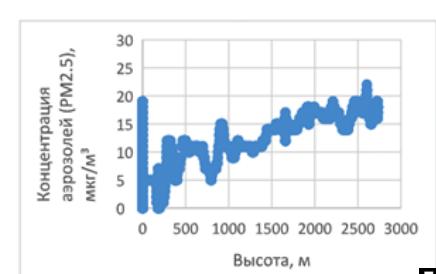
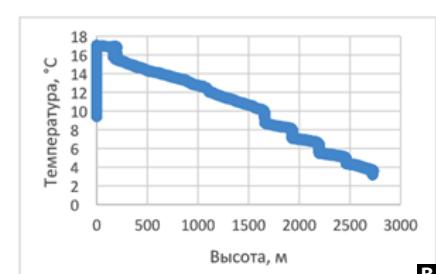
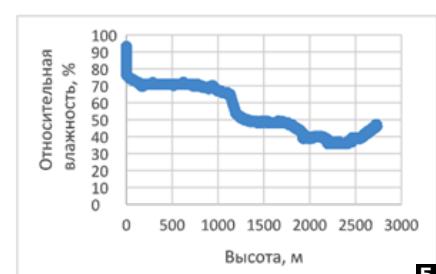
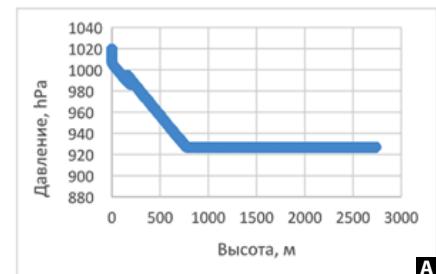


Рис. 10. Графики изменения давления (а), температуры (б), влажности (в) и концентрация аэрозолей (PM 2,5) (г) в зависимости от времени

ных решений о времени посева, внесения удобрений и проведения других мероприятий. Реализация поддержки экологических и климатических исследований путем сбора данных об атмосферных условиях в удаленных и труднодоступных для человека районах, интеграция ПНА с другими существующими системами мониторинга и прогнозирования

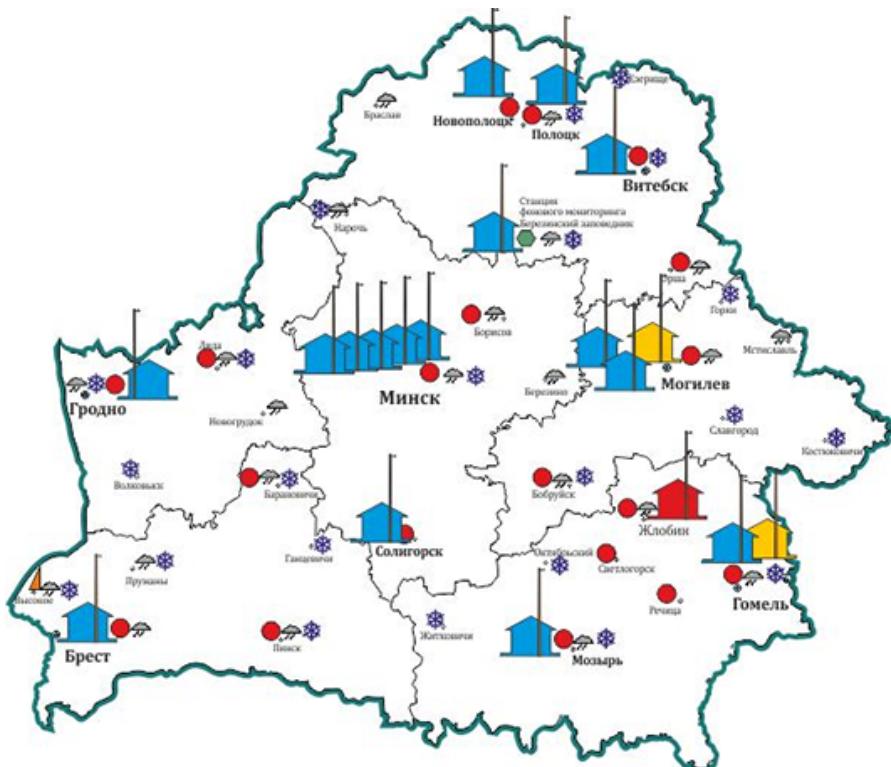


Рис. 11. Схема размещения пунктов мониторинга атмосферного воздуха

Источник: <https://rad.org.by/snob/shema-razmeshcheniya-punktov-monitoringa-atmosfernogo-vozduha.html> ©rad.org.by

погоды – все это позволит повысить определенность и точность представлений о погодных условиях в исследуемом регионе.

Следует отметить еще одно весьма важное направление развития наблюдений в ППС. Перспективным путем является создание мобильных малогабаритных автоматизированных аппаратно-программных комплексов для экологического и метеорологического мониторинга на базе БВП. Основная идея состоит в разработке и использовании системы, позволяющей исследовать параметры/свойства атмосферных слоев на различных высотах при полете по спиралевидной управляемой траектории с последующим возвращением в точку старта. При этом будет происходить точная передача информации на командный пункт в режиме реального вре-

мени, где на основе обработки первичных данных и их визуализации принимается решение о необходимости дополнительного сбора информации в том или ином регионе на базе пунктов мониторинга атмосферного воздуха (рис. 11) и 4 пунктов радиозондирования (Минск, Гомель, Гродно и Витебск).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kaimal J.C., Finnigan J.J. Atmospheric boundary layer flows, their structure and measurements. – New York, 1994. P. 289.
2. Струнин М.А. Исследования пограничного слоя атмосферы с помощью самолетов-лабораторий // <https://ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=10732>.
3. Киселев В.Н., Кузнецов А.Д. Методы зондирования окружающей среды (атмосфера). Учебник. – СПб., 2004.
4. Борисенко В.В. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов для проведения аэрологических наблюдений / В.В. Борисенко, Е.А. Борисенко // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32539573>.
5. «Разработка малогабаритной беспилотной воздушной платформы самолетного типа с целевой нагрузкой для наблюдения за атмосферой в планетарном пограничном слое» по договору №Т23ВА-005 от 23.05.2023: отчет о НИР (промежут.) / ГУ «НПЦ МБК» НАН Беларусь; рук. темы А.А. Щавлев. – Минск, 2025. – №ГР20231297; инв. №124.
6. Руководство по Глобальной системе наблюдений. ВМО-№488. // <http://mgmtmo.ru/edumat/wmo/488.pdf>.
7. Технический регламент (ВМО-№ 49). // http://mgmtmo.ru/edumat/wmo/49_1.pdf.
8. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений (ВМО-№8), часть I, глава 12, приложение 12А // http://mgmtmo.ru/edumat/wmo/8_1_0.pdf.

■ **Summary.** This article discusses the concept of an atmospheric observation subsystem in the planetary boundary layer based on a small-sized unmanned aerial platform of an aircraft type with a payload – an atmospheric parameter meter. The main requirements for such a platform, its capabilities and advantages are described. The main scientific idea of the concept is to develop and use a system that makes it possible to study the parameters/properties of atmospheric layers at various altitudes during flight along a spiral-shaped controlled trajectory, followed by a return to the launch point with accurate transmission of information captured at a given step to the command post, where primary information processing and data visualization will be carried out, allowing a decision to be made on additional research is needed. This concept will be used to develop an experimental sample of an unmanned aerial vehicle with a payload – an atmospheric parameter meter.

■ **Keywords:** atmosphere, atmospheric parameters, planetary boundary layer, pollution monitoring, concept, subsystem, unmanned aerial platform, payload.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-11-65-72>

Результаты исследований получены с финансовой поддержкой НАН Беларусь, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор №Т23ВА-005) и Вьетнамской академии наук и технологий (QTBV02.01/23-24). ■

Статья поступила в редакцию
10.04.2025 г.