

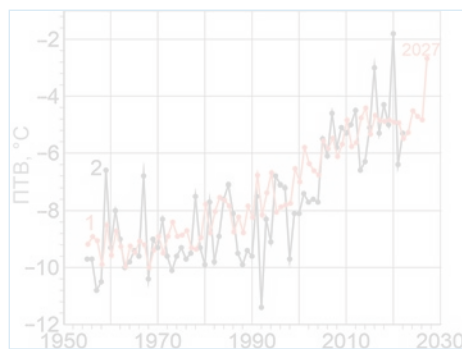


Рис. 6. Расчет (красная линия) и фактические значения (черная линия) средней температуры воздуха осенью в морях СМП

В заключение остановимся на климатическом парадоксе — отсутствии аномалии температуры воздуха в Арктике при аномалии глобальной температуры вопреки закону арктического усиления. Причина связана с происхождением глобальной аномалии температуры 2023 года, продолжившейся и в 2024 году. Вначале аномалии проявились в температуре поверхности океана

(ТПО) в тропиках, превысившей обычные отклонения от средней температуры в 3 раза под влиянием необычно высокой светимости Солнца в эти годы, более чем в два раза превышавшей стандартные отклонения от средней светимости. Под влиянием резко повысившейся температуры поверхности океана сформировалась аномалия температуры воздуха, распространившаяся почти до умеренных широт (см. рис. 1). В соответствии с влиянием аномалий ТПО в низких широтах, достигающим Арктики через 3 года, аномалия температуры воздуха проявится здесь в 2026–2027 годах. О развитии аномалии 2023–2024 годов можно прочесть в Докладе «Об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год» в разделе «6. Северная полярная область». Другим следствием рассмотренного парадокса является заключение о необходимости внимательнее отнестись к воздействиям Солнца на аномалии климата, которые не могут найти объяснения в антропогенном влиянии.

*Г.В. Алексеев, Н.Е. Иванов, Н.Е. Харланенкова,
Н.И. Глок (АНИИ)*

ОБ ОЦЕНКЕ УЯЗВИМОСТИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА В АРКТИКЕ

Освоение и развитие Российской Арктики является одним из приоритетных направлений социального и экономического развития страны, обеспечения ее национальной безопасности и защиты своих суверенных прав. Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) имеет площадь более 9 млн кв. км, в этом регионе проживают около 2,4 млн человек (1,6 % от населения страны). Здесь создается более 10 % валового внутреннего продукта Российской Федерации (РФ) и обеспечивается более 20 % общероссийского экспорта. Российская Арктика обладает уникальной транспортной сетью с портами, расположенными в непосредственной близости к перспективным месторождениям нефти и газа на шельфе и к рынкам Европы и Америки. Правительство РФ в лице Минвостокразвития реализует на территории АЗРФ масштабные инфраструктурные и социальные проекты, требующие огромных материальных, людских и технологических ресурсов и, что очень важно, соответствующего климатического обслуживания.

Следует отметить, что природные, климатические, экономические и демографические условия АЗРФ делают ее уникальным регионом, имеющим существенные отличия от других регионов нашей страны. К числу отличительных особенностей АЗРФ относятся экстремальные природно-климатические условия, постоянный ледяной покров и дрейфующие льды в арктических морях, очаговый характер экономической деятельности и хозяйственного освоения территорий, низкая плотность населения, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России, удаленность от основных промышленных центров страны. Для региональных природно-климатических условий характерны низкий радиационный баланс, близкие к 0 °C средние приповерхностные температуры воздуха

(ПТВ) летних месяцев при отрицательной среднегодовой температуре, наличие ледников и многолетнемерзлых пород, преобладание тундровой растительности и арктических пустынь. Суровые климатические условия Арктики естественным образом не способствуют успешному экономическому развитию региона, освоению обнаруженных больших запасов минеральных ресурсов и формированию соответствующей инфраструктуры. Однако современное изменение климата, демонстрирующее в последние десятилетия беспрецедентные масштабы и темпы, в планетарном масштабе крайне неоднородно, и его проявления варьируются от региона к региону. Арктика в этом отношении также является уникальной: здесь темпы роста ПТВ примерно в четыре раза превышают общемировые показатели. Количество и интенсивность осадков, характеристики снежного покрова и морского льда (его толщина и площадь), интенсивность таяния вечной мерзлоты также демонстрируют быстрые и широкомасштабные изменения. Для АЗРФ характерен рост повторяемости и интенсивности событий, связанных с быстрой потерей морского льда, таянием континентального ледяного покрова, сильными осадками, затоплением внутренних водоемов, прибрежной эрозией и лесными пожарами. Происходит увеличение случаев с экстремально высокими температурами и снижение числа случаев экстремально холода. Холодные периоды, длящиеся более 15 дней, почти полностью исчезли в Арктике с 2000 года. Потепление Арктики может благоприятно повлиять на экономическое развитие региона. Согласно имеющимся оценкам, одним из секторов с большим потенциалом является Северный морской путь (СМП). Суммарный положительный эффект от развития СМП вследствие таяния льдов, вызванного потеплением, оценивается в более чем 500 млрд руб.

Происходящие под влиянием изменения климата преобразования в Арктике воздействуют на живую и не-

живую природу, человека, его многостороннюю и разнообразную деятельность. Потенциальная возможность неблагоприятных последствий изменения климата для различных систем характеризуется высокой степенью неопределенности, мерой которой служит климатический риск. Этот вид риска является относительно новым в практике корпоративного и государственного управления, а климатические риск-факторы формируются вследствие трансформаций, происходящих в земной климатической системе под влиянием естественных и антропогенных факторов. Важнейший элемент климатического риска — уязвимость, определяющая степень влияния изменения климата на природные и антропогенные системы и человека. Согласно определению, данному Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), под уязвимостью системы понимается ее склонность или предрасположенность к неблагоприятному воздействию изменения климата и неспособность справляться с последствиями этих воздействий. Понятие уязвимости включает в себя такие компоненты, как чувствительность и подверженность систем к изменению климата, а также их способность справляться с воздействием изменения климата, т. е. способность адаптироваться к изменяющимся внешним условиям. Поэтому для оценки уязвимости конкретной системы к изменению климата и последующей оценки климатических рисков требуется охарактеризовать перечисленные три компонента, а в идеале — выразить их количественно. Зависимость уязвимости системы от чувствительности и подверженности к изменению климата и ее адаптационной способности формально можно описать следующей функциональной зависимостью: $V = f[S(+); E(+); AC(-)]$, где V , S и E — уязвимость, чувствительность и подверженность системы к изменению климата соответственно, AC — адаптационный потенциал системы, f — некоторая функция. Знаки «+» и «-» в скобках означают вклад (положительный или отрицательный), вносимый соответствующей переменной в уязвимость. Выражение для уязвимости можно представить в следующем виде: $V = S \cdot E - AC$, где произведение $S \cdot E$ характеризует потенциальное влияние изменения климата на систему. Исходя из определения уязвимости, идентифицировать уязвимые к изменению климата системы можно, увязав между собой потенциальные воздействия на систему $S \cdot E$ и ее адаптационный потенциал AC . Поскольку большинство методов оценки климатических рисков строится на основе такой характеристики, как уязвимость, остановимся на проблеме оценки уязвимости более подробно.

Уязвимость характеризует возможность нанесения чему-либо или кому-либо повреждений любой природы, вызванных некоторым событием в определенный период времени. Например, для арктических систем оценка их уязвимости к потенциальному климатическому событию (к таянию вечной мерзлоты, например) сводится к оценке ущерба, обусловленного этим событием в конкретное время — сейчас или в будущем. Оценка уязвимости, выполняемая в наши дни, обычно не ставит целью получение количественных значений некоторого универсального показателя — «уязвимометра» — ввиду его отсутствия, а предполагает описание ситуации или состояния климатической системы посредством некоторого количества факторов (индикаторов). Иными словами, в оценке уязвимости преобладают качественные подходы. Универсальный «уязвимометр» разработать достаточно трудно, поскольку системы, располагаю-

щиеся в различных частях Арктики, подвергаются воздействию совершенно разных опасных климатических явлений с характерными для них интенсивностью и повторяемостью. К примеру, инфраструктурные системы, расположенные в прибрежных зонах арктических морей, подвержены повышению уровня моря, увеличению интенсивности и повторяемости штормовых нагонов, затоплению прибрежных районов и береговой эрозии. В качестве индикатора уязвимости этих систем можно рассматривать геоморфологические характеристики береговой черты.

Если прогнозируемое изменение климата может оказывать влияние на систему и ее поведение, то такую систему следует считать чувствительной к изменению климата. Чувствительными к изменению климата являются экосистемы, здоровье человека, его деятельность, сообщества, экономика регионов, технические системы и др., поскольку состояние этих систем и их устойчивость зависят от условий внешней среды, определяемых в значительной степени климатическими условиями. Количественная оценка уязвимости системы к изменению климата может быть получена при условии, если существует соответствующая модель системы, под которой понимается абстрактное представление реального объекта в какой-либо форме (вербальной, знаковой, математической и др.). Предположим, что состояние некоторой арктической системы описывается совокупностью переменных состояния $x = (x_1, \dots, x_n)$, а ее эволюция — системой дифференциальных уравнений $dx/dt = F(x, \alpha)$, где α — вектор параметров модели системы, в число которых явно или опосредованно входят климатические переменные или их функции, а F — заданная вектор-функция. Тогда эффективность функционирования системы и происходящие в ней трансформации вследствие воздействия изменения климата могут быть оценены с помощью некоторого показателя (или множества показателей) качества, являющегося мерой способности системы решать поставленные задачи и достигать цели ее операционной деятельности. Применительно к социально-экономическим системам такими показателями могут быть так называемые ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators, KPI) — числовые показатели операционной деятельности хозяйствующих субъектов, служащие инструментом «измерения» степени достижения поставленных целей. В наиболее общем виде показатель качества функционирования системы может быть записан следующим образом: $I(x, \alpha) = \int_0^t \phi(t; x, \alpha)$. Таким образом, показатель зависит от переменных состояния системы x и параметров модели системы α , часть которых описывает состояние внешней среды (климатической системы) $p = (p_1, \dots, p_K) \in \alpha$. Параметры $p_1, \dots, p_K$ являются функциями переменных состояния среды $y = (y_1, \dots, y_M)$, т. е. $p_k = g(y)$ для $k = (1, K)$, где $g(\cdot)$ — заданная функция. Таким образом, для оценки влияния изменения климата на эффективность операционной деятельности системы показатель качества может быть записан в следующем виде: $I(x, p) = \int_0^t \phi(t; x, p)$. Отметим, что формулировка показателей эффективности — самостоятельная задача, решение которой зависит от типа системы, цели ее функционирования и др.

Рассмотрим оценку элементов уязвимости систем к изменению климата. Рассмотрение начнем с чувствительности, которая отражает степень воздействия на нее тех факторов окружающей среды, которые непосредственно влияют на эффективность функционирования

системы и изменения, происходящие в них. Такие факторы окружающей среды носят название риск-факторов, или стрессоров. Однако на практике довольно удобно исследовать чувствительность систем к вариациям индикаторов изменения климата, которые в конечном итоге определяют перечень стрессоров. Чувствительность системы к вариациям параметра p_k оценивается следующим образом:

$$dI(x, p) / dp_k = \sum_{i=1}^N (\partial I / \partial x_i) (\partial x_i / \partial p_k) + \partial I / \partial p_k$$

Основная проблема, которая возникает при определении чувствительности к изменению климата, состоит в том, что для многих природных и социально-экономических систем отсутствуют подходящие математические модели, которые бы были, с одной стороны, достаточно простыми, а с другой стороны — более-менее адекватными. К тому же для многих социально-экономических систем отсутствует достоверная ретроспективная информация, необходимая для калибровки моделей. На практике анализ чувствительности фокусируется на изучении определенных социальных или демографических групп или территорий. Такой подход позволяет выработать более точное описание воздействия изменения климата на общество и получить более точную картину возможных изменений общества под воздействием изменения климата в будущем. В ходе анализа необходимо учитывать движущие силы, которые оказывают влияние на чувствительность определенной территории. Например, в арктических прибрежных областях население сосредотачивается в нескольких экономических центрах на побережье, что повышает их чувствительность к возникновению наводнений. Если не предпринимать никаких мер, то уязвимость этих территорий возрастает.

Выше мы упомянули понятие «индикаторы изменения климата». Процессы изменения климата являются чрезвычайно сложными, поэтому существует проблема доведения климатологами результатов своих исследований до руководящих органов и широких слоев населения. Причем доведение научной информации должно происходить в достаточно простой форме, чтобы это было понятно неспециалистам, но не настолько тривиальной, чтобы научные данные были искажены. Именно поэтому научным сообществом были введены количественные показатели (индикаторы), позволяющие судить о текущем состоянии и эволюции климатической системы и ее отдельных компонентов. Эти индикаторы являются наблюдаемыми и измеряемыми характеристиками климатической системы. Всемирная метеорологическая организация определила семь ключевых глобальных индикаторов изменения климата, рассчитываемых на основе 54 переменных, предоставляемых Глобальной системой наблюдения за климатом. К числу индикаторов относятся глобальная среднегодовая ПТВ, теплосодержание океана, концентрация углекислого газа в атмосфере, глобальный средний уровень моря, кислотность океана, состояние криосферы, глобальные осадки. Для характеристики климатических изменений в Арктике вводятся специальные индикаторы, число которых достаточно велико.

Перейдем к рассмотрению подверженности систем влиянию изменений климата, которая характеризует продолжительность нахождения систем в местах, где происходят неблагоприятные климатические явления. Для оценки подверженности используются такие характеристики погодно-климатического явления, как его величина, повторяемость, пространственный мас-

штаб и продолжительность. На систему могут оказывать воздействие не только климатические стрессоры. Часть других стрессоров также может при этом не только создавать угрозы, но и открывать новые возможности для развития системы в связи с изменением климата. Оценка подверженности систем изменению климата предполагает создание специального математического аппарата — многострессовых оценочных моделей.

Третий компонент уязвимости, адаптационная способность, отражает способность системы (сообщества) справляться с текущими и будущими климатическими воздействиями, подстраиваться под изменения климата, минимизируя потенциальный ущерб, используя появляющиеся новые возможности и новые обстоятельства. Это имеет отношение не к способности систем реагировать на воздействия, а к способности общества управлять системами с учетом накопленного опыта. Адаптационный потенциал системы отражает ее внутренние качества, делающие систему более или менее способной к адаптации (например, взаимоотношения между видами в экосистеме, наличие эффективных лидеров и организаторов в человеческом обществе), а также способность управленческих структур осуществлять сбор и анализ информации, обсуждение, планирование и реализацию адаптационных стратегий, которые в конечном итоге снижают уязвимость системы к воздействиям, обусловленным изменением климата. На адаптационный потенциал системы могут влиять возможность доступа к информации и способность ее обрабатывать, инвестиционные ресурсы для реализации адаптационных мер, гибкость системы к реагированию на изменения, порождаемые климатическими вариациями, готовность системы к изменению, способность видов мигрировать или способность экосистемы распространяться в новые зоны. Примерами индикаторов, служащих для характеристики адаптационного потенциала, являются финансовые показатели системы, образовательный уровень сотрудников, наличие или отсутствие данных о функционировании системы в прошлом, наличие системы реагирования на чрезвычайные ситуации. Таким образом, адаптационная способность систем может рассматриваться как способность систем преодолевать проблемы (способность населения, институтов, организаций и систем справляться с неблагоприятными условиями и преодолевать их в краткосрочной и среднесрочной перспективе, используя для этого имеющиеся профессиональные навыки, материальные ценности, убеждения, ресурсы и возможности), а также как способность систем приспосабливаться к неблагоприятным условиям, используя для этого все возможности, реагируя на последствия климатических изменений.

Можно выделить внешний и внутренний аспекты исследования адаптационной способности систем. Внешний аспект исходит из того, что адаптационная способность определяется внесистемными факторами. Такой подход используется для исследования адаптационных способностей государств, регионов и местных сообществ на основе статистических анализов с использованием многофакторных моделей. Внутренний аспект фокусируется на уровне различных организаций и предполагает анализ их реакции на изменение климата и обобщение положительного практического опыта. К числу основных барьеров на пути адаптации к изменениям климата относятся институциональные проблемы, неопределенное разделение ответственности, отсутствие опыта и др.

Три компонента — чувствительность, подверженность и адаптационная способность систем к изменению климата — используются для оценки уязвимости систем к изменению климата, являющейся задачей принятия решений в условиях неопределенности. Процесс оценки уязвимости систем к изменению климата (ОУИК) синтезирует существующую информацию о целевых видах или системах, уровнях достоверности используемых данных и выявленных пробелах. ОУИК объединяет эту информацию с климатическими прогнозами, и на этой основе эксперты выявляют конкретные элементы воздействия, чувствительность и адаптационную способность, которые формируют общую уязвимость вида или системы. Стандартного метода или подхода для проведения ОУИК не существует. Поэтому на правительственном, институциональном и организационном уровнях применяются различные методы, которые имеют в своей основе рекомендации и руководства МГЭИК. По этой причине при интерпретации результатов ОУИК необходимо учитывать следующее: (а) оценивался ли и как оценивался каждый из трех компонентов уязвимости (подверженность, чувствительность и адаптационная способность), (б) были ли включены в оценку неклиматические факторы, (в) как представлена неопределенность, (г) учитывалось ли географическое положение видов и систем при получении оценок, и (д) был ли оценен весь жизненный цикл целевых видов, особенно мигрирующих. Как правило, выбранный подход должен основываться на целях, стоящих перед оценкой, уверенности в достоверности используемых данных и информации, а также имеющихся ресурсах, в том числе финансовых и кадровых. В последние годы при оценке уязвимости природных и антропогенных систем к изменению климата, наряду с технократическими методами и подходами, стали использовать такие приемы оценки, которые учитывают результаты исследований, касающихся устранения источников социальной уязвимости, что предполагает нахождение баланса между технократическими методами и методами, сосредоточенными на социальных, экономических и этических компонентах уязвимости к изменению климата. Это направление в области ОУИК представляется новым. На этой основе строятся новые методы и подходы к оценке климатических рисков и уязвимости природных и антропогенных систем в Российской Арктике, для чего используются также статистические характеристики возникновения климатических аномалий.

Оценка уязвимости систем к изменению климата может быть выполнена на основе «Универсального рамочного подхода», состоящего из трех основных этапов.

Первый этап — планирование и подготовка к оценке с формулировкой целей оценки и путей ее достижения. На этом этапе определяются и изучаются цель оценки, перечень необходимой для оценки информации и компетенции оценщиков, перечень имеющейся для оценки информации, права и обязанности лиц, проводящих оценку, заинтересованные стороны, принимающие результаты оценки и способствующие их использованию по назначению, список экспертов, которых целесообразно включить в список лиц, принимающих решения относительно оценки, представители целевой группы, для которой выполняется оценка. На основе полученных результатов оформляется организационная структура оценочной группы (эксперты из профильных институтов, лица, принимающие соответствующие решения, — представители заинтересованных министерств и властных структур), определяются методологическая основа

оценки, ее временные рамки, географический регион и степень детализации.

Второй этап — количественная оценка влияния изменения климата на системы (определение уязвимости систем к изменению климата), предусматривающая:

- определение объектов (систем, сообществ, регионов, секторов экономики), для которых выполняется оценка;
- определение временного горизонта оценки и подготовка необходимых входных данных для ее выполнения;
- выбор методов оценки на основе имеющихся информационных ресурсов и моделей систем;
- ранжирование методов по степени их сложности, начиная от качественных и описательных и заканчивая количественными, в том числе прогностическими;
- тестирование методов, валидация используемых моделей, анализ их чувствительности и оценка неопределенности полученных результатов;
- разработка сценариев изменения климата;
- оценка воздействия климатических изменений на системы;
- анализ складывающихся экологических и социально-экономических условий с учетом климатических прогнозов;
- анализ возможных ответных действий, носящих реактивный характер;
- формирование адаптационных мер с целью снижения величины ущерба за счет принимаемых климатических решений.

Третий этап — обобщение и использование результатов оценки, их оформление в виде отчета и справочных материалов, доступных в первую очередь для целевой группы и общественности.

Для оценки уязвимости систем, расположенных на территории Российской Арктики, целесообразно использовать так называемый подход «снизу вверх», ориентированный на получение оценок «локального» масштаба. В этом случае уязвимость оценивается относительно климатической изменчивости, а не относительно долгосрочных климатических трендов. Данный алгоритм гармонично «вписывается» в существующие системы поддержки принятия управленческих решений органами власти. Оценка уязвимости сосредотачивается на оценке ущерба, обусловленного изменением климата, с целью максимизации потенциальных выгод и минимизации возможных потерь, а оценка адаптационных возможностей фокусируется на адаптационных мерах, повышающих устойчивость и надежность социально-экономических систем к изменению климата. Подход «снизу вверх» основан на признании важности детализации при оценке рисков и выработке адаптационной политики. По этой причине анализ начинается с локального масштаба, а затем осуществляется переход к долгосрочному планированию и разработке адаптационных сценариев будущего.

Для АЗРФ метод «снизу вверх» предусматривает: климатическое районирование материковой и морской частей Российской Арктики с разделением на области с более или менее однородными климатическими условиями; выбор индикаторов изменения климата; функциональное зонирование Арктического региона с разделением на области с однородными видами хозяйственной деятельности экономических субъектов; сопряжение зон с однородными климатическими условиями с зонами с однородными видами хозяйственной деятельности

и на этой основе выделение территориальных образований, для которых будут определяться показатели уязвимости; составление реестра систем (природных и социально-экономических) для каждого территориального образования; оценка чувствительности природных и антропогенных систем к изменению климата; определение пороговых значений индикаторов изменения климата для отдельных систем; формирование для каждой системы ключевых индикаторов изменения климата, что выполняется в основном методом экспертных оценок. Таким образом, оценка уязвимости арктических систем к изменению климата имеет сложный междисциплинарный характер.

Необходимо подчеркнуть, что восприимчивость (уязвимость) систем к негативным воздействиям окружающей среды лежит в основе управления климатическими рисками и формирования государственной

политики в области адаптации к изменению климата. Согласно Шестому оценочному докладу МГЭИК, климатические риски в планетарном масштабе только возрастают. Недавно Всемирная метеорологическая организация подтвердила, что 2024 год стал самым жарким годом за всю историю наблюдений: среднеглобальная температура превысила доиндустриальный уровень на 1,55 °С. Последние десять лет продемонстрировали исключительную череду рекордно высоких температур. По-видимому, изменение климата в сторону потепления сохранится в обозримой перспективе. Это обстоятельство обуславливает актуальность комплекса проблем, связанных с климатическими изменениями, в том числе проблемы оценки уязвимости систем к негативным воздействиям окружающей среды, являющихся следствием изменения глобального климата.

С.А. Солдатенко (ААНИИ)

ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС МОНИТОРИНГА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В АРКТИКЕ

Активные области на Солнце, такие как вспышки, протуберанцы, солнечные пятна, порождают комплекс процессов и явлений в межпланетной среде, околоземном космическом пространстве и верхней атмосфере, который оказывает заметное воздействие на среду обитания человека. Изменение состояния магнитосферы (часть околоземного космического пространства, занятая геомагнитным полем Земли) и ионосферы (область в верхней атмосфере приблизительно 50–1000 км над уровнем моря) под действием повышенной солнечной активности оказывает в высоких широтах существенное влияние на функционирование систем радиосвязи, радиолокации и навигации; ионосферные токи генерируют на поверхности Земли электрические поля, а в энергетических, коммуникационных системах и в трубопроводах — мощные геомагнитно-индуцированные токи, приводящие к нарушениям в работе этих систем. Установлено также влияние гелиогеофизических возмущений на атмосферные процессы и здоровье человека. Информация об условиях геофизической обстановки используется для решения широкого комплекса задач, имеющих оборонное и хозяйственное значение, от обеспечения надежного функционирования космических систем до освоения высоких широт.

Для наблюдения за геофизической обстановкой во многих странах существуют сети мониторинга, включающие в себя наземные и космические инструменты. Одной из ключевых задач мониторинга является обнаружение и прогноз опасных гелиогеофизических явлений, которые характеризуются совокупностью процессов, влияющих на функционирование технических средств и систем и имеющих биомедицинские последствия.

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт активно проводил регулярные исследования состояния магнитного поля Земли и ионосферы с 30-х годов XX века. На данный момент система мониторинга состоит из пунктов наблюдений на одиннадцати арктических станциях Росгидромета и ФГБУ «ААНИИ», расположенных вдоль активной области авроральной зоны, более чем в пяти часовых поясах, и четырех стан-

ций в Антарктиде, три из которых расположены в авроральной зоне и одна в зоне полярной шапки. Непрерывный мониторинг геофизической обстановки в высоких широтах включает в себя геомагнитные и риометрические наблюдения, наклонное и вертикальное радиозондирования ионосферы. На основе результатов мониторинга рассчитываются различные индексы геомагнитной активности, позволяющие оперативно оценить геофизическую обстановку в регионе. Сбор, хранение и передача потребителям геофизической информации в режиме реального времени осуществляются в подразделении отдела геофизики — Полярном геофизическом центре (ПГЦ). Для представления результатов геофизических наблюдений и предоставления доступа к разработанным программным продуктам создан цифровой информационный ресурс, доступный на новом сайте ПГЦ по адресу <https://geophys.aari.ru/>.

Структура сайта

Сайт разделен на две части — «Оперативные данные наблюдений» и «Модельные расчеты». В раздел «Оперативные данные наблюдений» входят данные наблюдений и результаты их обработки.

Риометрические измерения представлены в виде суточных графиков (рис. 1), обновляемых в реальное время, с арктических (пос. Баренцбург, м. Баранова и п. Тикси) и антарктических (ст. Прогресс и ст. Новолазаревская) пунктов наблюдения. Риометры измеряют радиоизлучение из космоса (космический радиошум) на частоте 30 или 32 МГц и позволяют оценить изменения электронной концентрации в D (60–90 км) и нижней части E (90–150 км) слоя авроральной ионосферы. В периоды магнитосферной активности потоки высыпавшихся электронов с энергией десятки кэВ ионизируют ионосферную плазму на высотах 90–120 км, что приводит к поглощению космического радиоизлучения. На основе риометрических данных рассчитываются балл поглощения полярной шапки и балл поглощения в авроральной зоне.

Геомагнитные наблюдения на станциях сети проводятся с целью мониторинга и получения оперативной