Криосфера Земли, 2005, т. IX, № 2, с. 67–77

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗ

УДК 551.340

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ МОНИТОРИНГА КРИОЛИТОЗОНЫ В РОССИИ

А. В. Павлов, Г. В. Малкова

Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия

Систематизированы сведения о геокриологических стационарах и других наблюдательных объектах мониторинга мерзлых пород, разработана мелкомасштабная электронная карта их расположения на территории криолитозоны России. Наибольшее количество стационаров приурочено к Европейскому Северо-Востоку, северу Западной Сибири и Центральной Якутии. Основную часть выполненных стационарных работ составляют наблюдения за глубиной сезонного протаивания и температурой мерзлых грунтов. Выполненную инвентаризацию можно рассматривать как один из подготовительных этапов к проведению IV Международного полярного года (2007–2008 гг.).

Криолитозона, мониторинг, глубина сезонного протаивания, стационар, температура грунтов

STOCK-TAKING OF MONITORING OBSERVATION NETWORK WITHIN RUSSIAN PERMAFROST

A. V. Pavlov, G. V. Malkova

Earth Cryosphere Institute SB RAS, 625000, Tyumen, P/O box 1230, Russia

Data of geocryological stations and of other observation monitoring permafrost objects have been systematized and small-scale electronic map of theirs location on the Russian permafrost territory have been elaborated. A great deal of geocryological stations are situated in the European north-east, north of West Siberia and Central Yakutia. The observations on the depth of seasonal thawing and permafrost temperature make up the main part of realized station work. It is possible to consider the fulfilled stock-taking as one of the preparatory stages for carrying out the IV International Polar Year (2007–2008).

Permafrost, monitoring, depth of seasonal thawing, geocryological station, ground temperature

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос об организации специальных стационаров для изучения динамики верхних горизонтов криолитозоны был поставлен еще в 1930-х гг. основоположником российского мерзлотоведения М.И. Сумгиным [*1937*]. Проведение в 1940–1950-х гг. пионерных наблюдений за термическим режимом мерзлых грунтов в ряде районов Севера (Воркута, Игарка, Якутск и др.) связывается в первую очередь с именами В.П. Бакакина, П.И. Мельникова, А.В. Голубева, С.В. Шимановского. П.Ф. Швецов и И.Я. Баранов явились инициаторами проведения комплексных геокриологических исследований в период проведения III Международного геофизического года (1957–1959 гг.). В это время Институт мерзлотоведения АН СССР в рамках единой программы осуществил режимные наблюдения за тепловым балансом подстилающей поверхности и тепловым режимом грунтов на хребте Сунтар-Хаята, где развиты многолетнемерзлые породы [*Промерзание..., 1964*], и в Загорске (Подмосковье) в области сезонного промерзания пород [*Павлов, 1965*]. Почти одновременно были выполнены режимные геокриологические наблюдения в Оймяконской впадине (Восточная Якутия) (1957–1959 гг.) [*Гаврилова, 2003*], в Воркуте (1954–1963 гг.) [*Павлов, 1965*], в районе будущего г. Мирный (1956–1958 гг.) [*Балобаев, 1961*]. Результаты этих стационарных исследований, выполненных в круглогодичном режиме, вызвали значительный интерес научной общественности. В 1960–1980 гг. изучение режима геокриологических условий получило в России широкое региональное развитие в связи с открытием уникальных месторождений углеводородного сырья на севере Западной Сибири и Европейском Севере, сельскохозяйственным и промышленным освоением Якутии (в первую очередь разработкой россыпных месторождений алмазов и золота), строительством Байкало-Амурской железнодорожной магистрали [*Павлов, 1996, 1997*]. Основная цель исследований заключалась в количественной оценке процессов взаимодействия в системе криолитозона–естественные и нарушенные поверхностные покровы–приземный слой атмосферы, в получе-

© А.В. Павлов, Г.В. Малкова, 2005

нии данных о тепловом режиме грунтов и развитии криогенных геологических процессов в сезонном, годовом и многолетнем циклах. При таком комплексном подходе к изучению режима геокриологических условий наиболее рациональной формой организации исследований в различных ведомствах (Геологическая служба, Академия наук и др.) явились стационары. На каждом стационаре обычно оборудовали по 5–10 наблюдательных площадок (включая фоновые и техногенные) и профилей и по 5–30 термометрических скважин глубиной 10–20 м.

К концу 1980-х гг. общее число достаточно крупных объектов режимных наблюдений (полигон, стационар, участок, профиль) на территории криолитозоны России составляло 110, а число пунктов наблюдений (площадка, скважина, закрепленная точка) превышало 600. Примерно на 60 % от общего числа стационаров выполнялись сезонные работы, на 40 % – непрерывные круглогодичные наблюдения.

С начала 1990-х гг. унифицированную систему наблюдений за состоянием геологической среды на территории многолетнего и сезонного промерзания земной коры, оценки, контроля и прогноза ее изменений под воздействием природно-климатических и техногенных факторов стали определять как мониторинг криолитозоны [*Павлов, 1996, 1997*]. На объектах регионального уровня мониторинг предусматривает проведение температурных и гидрогеологических наблюдений на всю толщу мерзлых пород [*Изучение..., 1992*]. Вместе с тем недостаточная изученность больших глубин, характерная для большинства объектов мониторинга, затрудняет использование полученных данных при решении ряда задач, в частности при оценке реакции мерзлых пород на глобальное потепление климата. Актуальная задача мониторинга криолитозоны – организация тесного взаимодействия между разрозненными объектами наблюдений и их объединение в единую информационную систему. Возможность осуществления геокриологических прогнозов в рамках мониторинга криолитозоны была обусловлена увеличением к концу XX в. рядов наблюдений на некоторых стационарах до 15–30 лет. Отличительная особенность мониторинга криолитозоны по сравнению с другими видами мониторинга природной среды – дополнительный учет двух важных факторов: криолитологического (высокая льдистость четвертичных отложений, наличие подземных льдов) и термического (температура грунтов, фазовые переходы воды в них, тепловые потоки и др.). При ведении мониторинга криолитозоны натурное изучение природных процессов обычно осуществляется не индивидуально, а в едином комплексе.

Наиболее целенаправленные исследования по разработке научно-методических основ мониторинга криолитозоны проведены во ВСЕГИНГЕО в рамках создания общей информационной системы „Литомониторинг СССР" [*Павлов, 2001*], позднее переименованной в систему Государственного мониторинга геологической среды России. Мониторинг криолитозоны рассматривается в этой системе как один из главных видов предметного мониторинга геологической среды в условиях Севера.

В результате длительного осуществления наблюдений на ряде объектов мониторинга криолитозоны получен уникальный массив фактических данных (в виде отчетов, полевых журналов и дневников), позволяющий изучать как ритмические, так и трендовые изменения мощности сезонноталого слоя и температуры мерзлых грунтов. Эти данные оказались чрезвычайно полезными при формулировке подходов к изучению фундаментальной проблемы эволюции криолитозоны в условиях глобального потепления климата. Практическая ценность мониторинговых исследований заключалась, в первую очередь, в разработке вопросов повышения надежности функционирования природных и природно-технических систем.

В работах по мониторингу криолитозоны происходит постепенное увеличение глубины изучаемого грунтового разреза. Это, в частности, связано с тем, что влияние современного глобального потепления климата и интенсивных техногенных воздействий может отмечаться даже на глубинах 80–100 м и более.

В дополнение к таким объектам наблюдений, как стационары, в 1990-х гг. на севере России было оборудовано около 20 наблюдательных площадок в рамках Международного проекта CALM (Циркумполярный мониторинг активного слоя), большая часть этих площадок функционирует и в настоящее время [*Лейбман, 2001; Москаленко, Пономарева, 2004; Brown et al., 2000; Mazhitova et al., 2004*].

В связи с предстоящим проведением IV Международного полярного года (2007–2008 гг.) и намеченной Международной ассоциацией мерзлотоведов организацией глобальной наземной сети наблюдений за мерзлотой (GTNet-P) возникла необходимость оценки современного состояния наблюдательных сетей мониторинга криолитозоны России. Этот вопрос обсуждается не впервые. Детальная инвентаризация наблюдательных сетей (по состоянию на начало 1980-х гг.) впервые осуществлена А.В. Павловым в 1983 г. во ВСЕГИНГЕО и проводилась по заданию Министерства геологии СССР. Результаты работ систематизированы в отчете „Обоснование проекта комплексного плана на 1986–2005 гг. развития научно-методических и производственных геокрио-

логических (инженерно-геологических и гидрогеологических) работ на территории криолитозоны СССР". К сожалению, основные положения отчета до сих пор не опубликованы. В данной статье при оценке современного состояния стационарных геокриологических исследований в качестве основы использованы материалы упомянутого плана с учетом произошедших за 20-летний период изменений; естественно, нашли отражение и важнейшие литературные источники [*Варламов и др., 2002; Гаврилова, 2003; Геокриологический прогноз..., 1983; Павлов и др., 2002; Скрябин, 2001; Pavlov, 1996*]. Проведение инвентаризации поможет решить актуальную в настоящее время задачу – собрать, систематизировать и сделать доступными для научной общественности и практиков имеющиеся в различных организациях и у отдельных лиц данные мониторинга криолитозоны.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Инвентаризация наблюдательных сетей мониторинга криолитозоны включает описание основных информационных объектов мониторинга криолитозоны, мелкомасштабную карту их размещения на территории России и детальную характеристику некоторых наблюдательных скважин (опорных точек). При выполнении инвентаризации необходимо было охватить весь период функционирования мониторинга криолитозоны на территории России (преимущественно 1956–2003 гг.). Инвентаризация предусматривала использование фондовых данных как региональных геологических производственных организаций, так и научно-исследовательских учреждений, связанных с изучением многолетнемерзлых пород. Последующая систематизация данных из различных источников позволила выделить более 60 достаточно крупных наблюдательных объектов мониторинга. В представленном виде систематизация не учитывает ряд следующих объектов наблюдений стационарного характера на территории криолитозоны:

– участки детальных геокриологических исследований в прибрежных районах морей Лаптевых и Восточно-Сибирского (урочища Захар-Сис и Мамонтово, южная часть о-ва Бол. Ляховский и др.);

– группы скважин в горных районах северо-востока и юга Якутии;

– наледные полигоны в окрестностях Якутска и Иркутска;

– наблюдательные объекты биологического, микрометеорологического и мелиоративного назначения.

При систематизации объекты мониторинга были ориентированы преимущественно в соответствии с возрастанием долготы местности (табл. 1). Для каждого объекта мониторинга подготовлена в табличном виде следующая атрибутивная информация: условный номер, название и современное состояние (функционирует, закрыт); местоположение; организация – исполнитель работ (аббревиатура названия организации) и годы проведения наблюдений; ландшафтная зона; тип мерзлоты; вид наблюдений (в виде кода); полное название организаций – исполнителей работ. Основные виды наблюдений на объектах мониторинга кодируются цифрами: 1 – сезонное протаивание и температура грунтов, 2 – криогенные геологические процессы, 3 – гидрогеологические процессы, в том числе наледные, 4 – динамика ландшафтных комплексов, 5 – нарушенные поверхностные условия. Кроме того, на большей части объектов мониторинга проводился значительный объем наблюдений за определяющими внешними и внутренними факторами: метеорологические показатели, снежный, растительный и водный покровы и др. Внешние факторы условно представлены в кодах 1 или 2. Однако термические измерения в озерах на территории Центральной Якутии и на севере Западной Сибири (п-ов Ямал, Гыданский п-ов) были столь детальными, что они не нашли прямого или косвенного отражения в табл. 1; в ряде работ они рассматривались отдельно [*Павлов, 1999*].

Анализ систематизированных данных (см. табл. 1) показывает, что доля научно-исследовательских учреждений в организации объектов мониторинга криолитозоны составила 63 %, производственных организаций – 23 %, на 14 % объектов наблюдения проводились совместно. Такой высокий процент объектов мониторинга, организованных научно-исследовательскими учреждениями, отчасти объясняется тем, что в последние 10–12 лет производственные геологические организации были практически ликвидированы. За весь период мониторинговых наблюдений почти половина геокриологических стационаров была организована в зоне тундры (50 %) и тайги (24 %), на горную местность приходится менее 18 % всех стационаров. К тундровой зоне также приурочены все организованные в 1990-х гг. площадки CALM [*Brown et al., 2000*].

На основе данных, систематизированных в табл. 1, разработана электронная мелкомасштабная карта размещения опорных объектов мониторинга криолитозоны России (рисунок). К карте сделаны две врезки для более четкого отображения сети мониторинговых наблюдений на Европейском Северо-Востоке и в Центральной Якутии путем укрупнения масштаба. На карте нанесены, по данным Е.С. Мельникова и К.А. Кондратьевой [*1998*], три основных типа распространения криолитозоны: сплошная, прерывистая, островная. В пределах островной криолитозоны встречаются

Таблица 1. **Описание основных информационных объектов мониторинга криолитозоны, функционирующих на территории России в настоящее время или закрытых**

Условный номер объекта	Объект мониторинга	Местоположение (ближайший населенный пункт)	Организация, годы наблюдений	Ландшафтная зона	Тип криолитозоны (по сплошности)	Вид (код) наблюдений
1	2	3	4	5	6	7
1	Стационар Болванский	пос. Усть-Печора (мыс Болванский)	ВСЕГИНГЕО (1983–1993), ИКЗ (1999–2003)	Северная тундра	Сплошная	1, 2 (пучение, термокарст, термоабразия), 5
2	Стационар Шапкино	пос. Лая-Вож, среднее течение р. Шапкино (правый берег)	ВСЕГИНГЕО, ПГО Архангельскгеология (1982–1993)	Южная тундра	Прерывистая	1, 2 (пучение, термопросадки, солифлюкция), 5
3	Участок Ватьярский	Междуречье верховий рек Адзьва и Морею	Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1970–2000)	»	»	1
4	Площадка Амдерма	пос. Амдерма	Ленгипроарктика (1952–1954), ИКЗ (1999–2002)	Северная тундра	Сплошная	1, 2 (термоабразия), 5
5	Участок Роговой	Верховья р. Бол. Роговая (левый берег)	Полярноуралгеология (1970–2000), ЗАО Мирекo	Южная тундра	Островная	1
6	Участок Коротаиха	Место слияния рек Хейяха и Намдею	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1970–2000)	То же	Сплошная	1, 2, 3
7	Ярвожский полигон	На широте г. Воркута, верховья р. Сеяды	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1970–2000)	»	Островная	1
8	Приполярно-тундровая станция (с 1998 г. Воркутинский Федеральный мерзлотно-гидрогеологический полигон)*	В 35 км к юго-западу от г. Воркута	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1963–2002)	»	Прерывистая	1, 2 (криогенное пучение, термокарстовые просадки, солифлюкция), 3
9	Участок Западное крыло Воркутинского месторождения угля	В 12 км к западу от Воркуты	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1963–2002)	»	То же	1, 3
10	Стационар Воркута	Юго-западная окраина Воркуты	ИНМЕРО, НИИОСП (1952–1965)	»	»	1, 2 (пучение), 5
11	Участок Поднятие Чернова	В 10 км к северо-западу от Воркуты	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1963–2000)	»	Сплошная	1
12	Участок Восточное крыло Воркутинского месторождения угля	В 10 км к востоку от Воркуты	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1963–2000)	»	Прерывистая	1, 3
13	Участок Усинское водохранилище	В 20 км от Воркуты	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1970–2000)	»	То же	1, 3
14	Участок с температурными скважинами	Предгорье и низкогорье Заполярного Урала	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1965–2002)	Горная область	»	
15	Участок Лядгей	Правый берег среднего течения р. Кара	ПГО Полярноуралгеология, ЗАО Мирекo (1970–2002)	Южная тундра	»	1

16	Стационар Лабытнанга	Близ Салехарда	ПНИИИС (1967–1992)	Южная тундра	Прерывистая	1, 5
17	Участок Салехард	На окраине Салехарда	Главтюменгеология (1975–1995)	Лесо-тундра	»	1, 3
18	Стационар Марре-Сале*	На берегу Карского моря, в средней части Западного Ямала	ВСЕГИНГЕО (1978–1996), ИКЗ (1997–2003)	Северная тундра	Сплошная	1, 2 (за термоабразией), 5
19	Стационар Харасавэй	В 10 км от пос. Харасавэй	ИМЗ (1978–1980)	Средняя тундра	То же	1, 5
20	Стационар Тюринто (+Васькины Дачи)	На берегу оз. Тюринто, Западный Ямал	Главтюменгеология (1978–1986), ИКЗ (1988–2004)	Северная тундра	»	1, 2 (за термоабразией, софлюкцией, пучением)
21	Стационар Ныда	Север Западной Сибири, пос. Ныда	ВСЕГИНГЕО, ГГО (1976–1982)	Южная тундра	»	1, 2, 5
22	Стационар Надым*	В 30–40 км от г. Надым	ВСЕГИНГЕО, ИКЗ (1972–2003)	Северная тайга	Островная	1, 2, 4, 5
23	Участок Медвежье	Медвежье месторождение газа, центральная часть	ВСЕГИНГЕО (1974–1980)	Лесо-тундра	Прерывистая	1, 2 (за пучением), 5
24	Стационар Ямбург	п-ов Тазовский (средняя часть побережья Обской губы)	ПНИИИС, Главтюменгеология (1974–1991)	Северная тундра	Сплошная	1, 3 (за пучением), 5
25	Стационар Парисенто	Гыданский п-ов, среднее течение р. Юрибей	ВСЕГИНГЕО (1985–1991)	»	То же	1, 2, 4, 5
26	Участок Хадутте	Уренгойское месторождение газа	ВСЕГИНГЕО, ИКЗ (1974–1999)	Южная тундра	»	1, 5
27	Участок Таб-Яха	Там же	ВСЕГИНГЕО, ИКЗ (1974–1997)	Северная лесо-тундра	»	1, 5
28	Участок УКПГ-5	»	ВСЕГИНГЕО, ИКЗ (1974–1999)	Южная лесо-тундра	Прерывистая	1, 5
29	Стационар Геологический	Юго-восточная часть Гыданского п-ова, Соленинское месторождение газа, пос. Геологический	ИМЗ (1974–1976)	Южная тундра	Сплошная	1, 4, 5
30	Стационар Усть-Порт	пос. Усть-Порт на берегу р. Енисей	МГУ, кафедра криолитологии	То же	То же	1, 2, 5
31	Стационар Соленинский	Юго-восточная часть Гыданского п-ова, Соленинское месторождение газа	ИМЗ (1973–1975)	»	»	1, 2 (термокарст, термоэрозия), 5
32	Стационар Игарка	Недалеко от г. Игарка	ИНМЕРО, ИМЗ (1936–1973)	Северная тайга	Островная и сезонная	1, 2, 4, 5
33	Стационар Енисейский	На берегу Енисея, недалеко от г. Дудинка	МГУ, кафедра геокриологии (1968–1972)	Южная тундра	Сплошная	1, 2
34	Полигон Норильск*	В окрестности Норильска	ВСЕГИНГЕО, ИМЗ	Лесо-тундра	»	1, 2, 3, 5

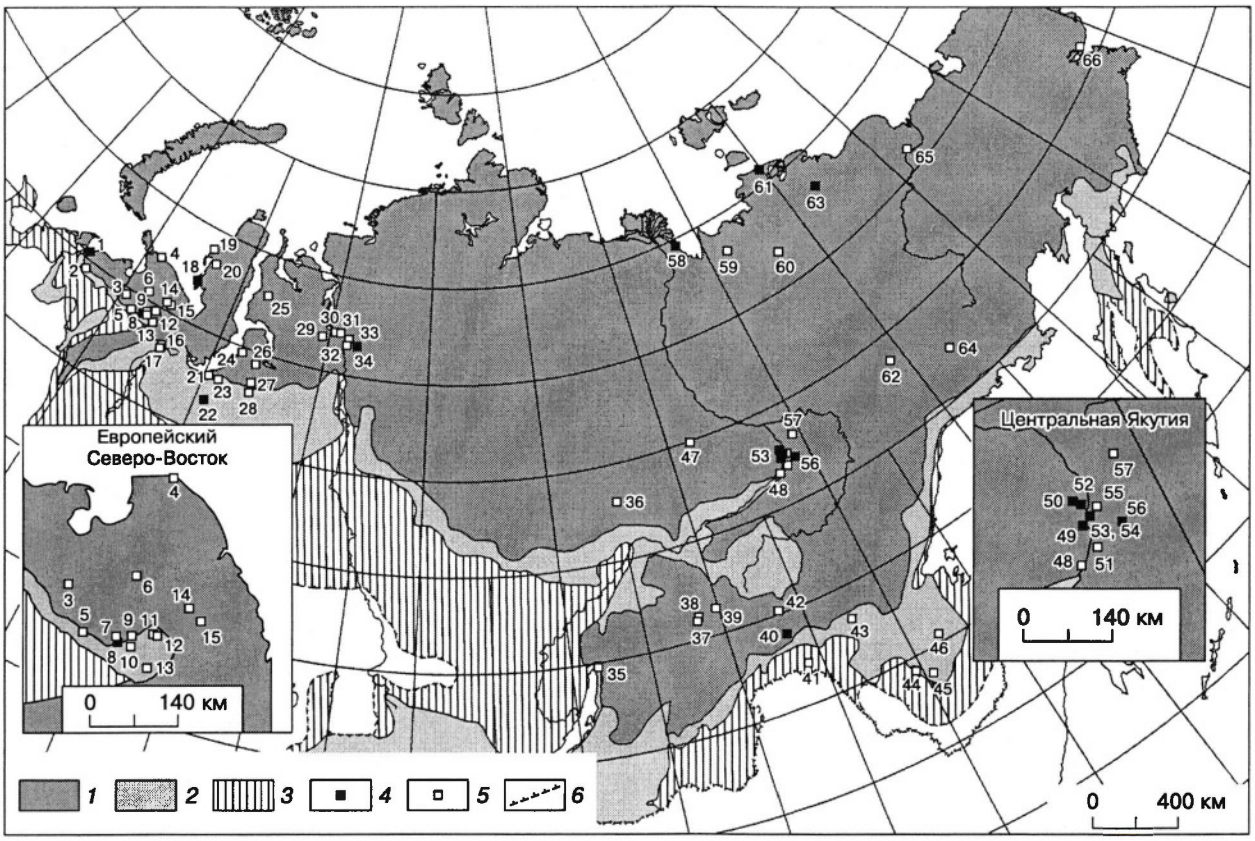
Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
35	Стационар Нижнеангарский	г. Нижнеангарск	ВСЕГИНГЕО, ПГО Бурятгеология (1978–1984)	Горная местность (долина р. Ниж. Ангара)	Прерывистая	2 (за пучением)
36	Стационар Иерелях	Западная Якутия, г. Мирный, бассейн р. Мал. Ботуобия	ИНМЕРО (1956–1959)	Средняя тайга	То же	1, 2, 5
37	Стационар Чара	пос. Чара	ВСЕГИНГЕО, ПГО Читагеология (1979–1984)	Горная местность	»	2 (за пучением, термоэрозией, курумами)
38	Чаро-Токкинский стационар	пос.Чара, долина р. Хабекто	ИМЗ	То же	»	3 (за наледными процессами)
39	Стационар Ингамакит	Северное Забайкалье, Становое наг., сев. склон хребта Удокан	ИМЗ (1963–1965)	»	Массивно-островная	1
40	Участок Тында	На окраине г. Тында	ПГО Дальгеология, ЦНИИС (1981–2002)	Хвойные горные леса	Сплошная	1, 2, 5
41	Участок Сковородино	Окраина г. Сковородино	ВСЕГИНГЕО	Южная тундра	Прерывистая	1, 2, 5
42	Стационар Золотинка	Становой хребет, северный склон	ИМЗ (1975–1979)	Горная местность	Сплошная	1, 3
43	Стационар Зейский	Берег Зейского водохранилища	ПГО Дальгеология (1964–1966)	Горная местность (долина р. Зем)	Прерывистая	1, 3 (за наледными процессами)
44	Стационар Этеркан	Осевая часть хребта Турана	ИМЗ	Горная местность	Сплошная	1
45	Стационар Ургал	пос. Ургал	ПГО Дальгеология (1979–1988)	Горная местность (долина реки)	Островная	1
46	Стационар им. Осипенко	пос. им. Полины Осипенко	ПГО Дальгеология (1981–1988)	–	–	2
47	Стационар Мугур-Тарын	Левый берег р. Вилюй, в 80 км к северо-востоку от г. Вилюйск	ИМЗ (1973–1974)	Средняя тайга	Сплошная	1, 4
48	Полигон Умайбыт	Левый берег р. Лена, в 80 км к юго-западу от Якутска	ИМЗ (1981–2003)	То же	»	1, 2, 4
49	Стационар Чабыда*	В 20 км от Якутска	ИМЗ (1980–2003)	»	Прерывистая	1, 3
50	Стационар Нелигер*	В 20 км к северо-западу от Якутска	ИМЗ (1999–2003)	»	Сплошная	1, 4
51	Стационар Улахан-Тарын	Правый берег р. Лена, в 60 км к юго-западу от Якутска	ИМЗ (1964–1967)	Наледная долина	Прерывистая	1, 2, 3 (за наледными процессами)

52	Стационар Спасская Падь*	В 24 км от Якутска	ИМЗ (1996–2002)	Средняя тайга	Сплошная	1, 2, 4
53	Стационар Якутск*	Окраина Якутска	ИМЗ (1963–2003)	То же	»	1, 4, 5
54	Стационар Зеленый луг	Окраина г. Якутск, пойма р. Лена	ИМЗ (1976–1979)	»	Прерывистая	1, 5
55	Створ температурных скважин	Правобережье р. Лена (на широте Якутска)	ИМЗ (1987–2003)	»	Сплошная	1, 2
56	Полигон Юкэчи*	Правый берег р. Лена, в 50 км к юго-востоку от Якутска	ИМЗ (1987–2003)	»	То же	1, 2, 4
57	Стационар Сырдах	Правый берег р. Лена, в 100 км от г. Якутск	ИМЗ (1969–1979)	»	»	1, 2 (за термоабразией берегов), 4, 5
58	Стационар Тикси*	г. Тикси	ИМЗ (1991–2002)	Лесотундра	»	1, 2 (за термоабразией)
59	Стационар Кулар	Правобережье нижней части р. Яна	ИМЗ, МГУ, кафедра геокриологии (1966–1975)	Северная тундра	»	1, 2, 5
60	Стационар Депутатский	пос. Депутатский	МГУ, кафедра геокриологии (1967–1969)	Горная местность	»	1, 2, 5
61	Участок Ойогосский Яр*	В 220 км от пос. Чокурдах	ВСЕГИНГЕО (1977), ИМЗ (1993–1995)	Северная тундра	»	2 (за термоабразией)
62	Стационар Сунтар-Хаята	Восточная Якутия, Южное Верхоянье, хребет Сунтар-Хаята, в 100 км от пос. Томтор	ИНМЕРО (1957–1959)	Горная местность	»	1, 3 (за наледными процессами)
63	Участок Чокурдах*	пос. Чокурдах	ВСЕГИНГЕО, ИФХБП (с 1974 г.)	Южная тундра	»	1, 2 (за термоабразией)
64	Стационар Колымский тепловодобалансовый*	Северо-Восток, пос. Кулу, место слияния рек Кулу и Аллах-Юнь	ИМЗ (1998–2002)	Горная местность	»	1, 3
65	Участок Колымский	Низовья Колымы, в 95 км от пос. Черский	ИМЗ (1993–1995)	Южная тундра	»	1, 2 (за термоабразией)
66	Участок Анадырь	пос. Анадырь	ИНМЕРО, Магаданский КНИИ (1935–2002)	»	»	1, 2 (за деформацией поверхности)

Примечание. ВСЕГИНГЕО – Всероссийский научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии (Москва), ИКЗ СО РАН – Институт криосферы Земли СО РАН (Тюмень), ИНМЕРО – Институт мерзлотоведения им. В.А. Обручева РАН (Москва), ИМЗ СО РАН – Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (Якутск), ПГО – Производственное геологическое объединение, НИИОСП – Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений (Москва), ПНИИИС – Производственный и научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве (Москва), ГГО – Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (Санкт-Петербург), МГУ – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва), ИФХБП – Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения (Пущино), КНИИ – Комплексный научно-исследовательский институт (Магадан).

* Объекты, функционирующие в настоящее время.



Карта размещения основных информационных объектов мониторинга криолитозоны на территории России.

Распространение многолетнемерзлых пород: *1* – сплошное; *2* – прерывистое; *3* – островное и реликтовое. Объекты стационарных геокриологических наблюдений: *4* – действующие, *5* – закрытые; *6* – южная граница криолитозоны.

как многолетнемерзлые породы, залегающие с поверхности, так и реликтовые – глубокозалегающие.

Инвентаризацию наблюдательных скважин и площадок по всем когда-либо функционировавшим объектам мониторинга криолитозоны осуществить не представляется возможным: исчезли организации, конкретные исполнители работ, архивные данные. В качестве примера в следующем разделе приведена детальная инвентаризация основных объектов наблюдений на стационаре Марре-Сале.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ РАЗВИТИИ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ ГЛОБАЛЬНОЙ НАЗЕМНОЙ СЕТИ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КРИОЛИТОЗОНОЙ

Информация, систематизированная в табл. 1 и отраженная на карте (см. рисунок), наглядно иллюстрирует существующие представления [*Павлов, 1997, 2001; и др.*], что наибольший объем мо-

Таблица 2. **Общая характеристика объектов мониторинга вечной мерзлоты на севере Западной Сибири, перспективных для проведения исследований в рамках программы GTNet-P**

Объект мониторинга	Среднегодовая температура воздуха, °С	Термические скважины	
		Глубина, м	Год начала наблюдений
Стационар Марре-Сале	–8,0	10–12	1978
Стационар Парисенто*	–10,8	10–12	1985
Стационар Васькины Дачи	–8,0	–	1990
Стационар Надым	–5,9	10–12	1975
Участок Хадутте	–7,5	10–12	1974
Участок Таб-Яха	–7,5	10	1975
Участок УКПГ-11	–7,5	10	1975

* С 1995 г. стационар законсервирован.

Таблица 3. **Информация об основных температурных скважинах на профиле I-I геокриологического стационара Марре-Сале**

Описание скважины	Номер скважины							
	1	2	3	5	9	17	32	36	44
Высота местности, м	11,5	13,3	15,4	22,0	9,3	22,0	22,0	5,0	19,9
Ландшафтное описание	Полигональная тундра с осоково-зеленомошным покровом	Полигональная тундра с морошково-политриховo-сфагновым покровом	Термокарстовая канава в торфянике, пушицево-осоковый покров	Полигональная тундра с мощным моховo-лишайниковым покровом	Верхняя часть западного склона, злаки, хвощ	Плоский полигонально-бугристый торфяник с торфяно-кустарничково-моховo-лишайниковым покровом	Полигональная тундра с моховo-лишайниковo-травяно-кустарниковым покровом	Днище хасырея с осоково-гипновым болотом	Полигональная тундра с кочковатой и мелкобуторковатой поверхностью
Грунт	Песок до 1,15 м, далее – суглинок	Песок	Песок	Песок	Песок до 0,7 м, далее – суглинок	Торф до 0,75 м, лед, песок	Песок	Песок заторфованный	Песок
Активный слой, м	1,21	0,83	0,75	0,44	1,14	1,04	1,17	0,94	0,98

Примечание. Среднегодовая температура воздуха –8 °С, высота снежного покрова на открытом ровном месте в середине зимы 0,24 м. Скважины воздушно-сухие, глубина скважин 10 м, обсадка выполнена полиэтиленовыми трубами диаметром 2″ на всю глубину скважин.

ниторинговых исследований криолитозоны выполнен на Европейском Северо-Востоке, севере Западной Сибири и в Центральной Якутии, где верхние горизонты криолитозоны сложены рыхлыми четвертичными отложениями. Однако даже в этих регионах наблюдательные сети имеют низкую степень покрытия территории. Для огромных пространств криолитозоны с близким залеганием коренных пород или их выходами на поверхность почти отсутствуют данные стационарных наблюдений. Так, Средняя Сибирь осталась „белым пятном" в отношении изученности режима геокриологических условий. Для зоны тундры получен относительно высокий уровень стационарной изученности криолитозоны по сравнению с другими ландшафтными зонами севера России.

В 1990-х гг. в связи с перестройкой организационных форм различных хозяйственных отраслей страны большая часть информационных объектов мониторинга не получила финансирования и была закрыта (или законсервирована). Усилиями ряда организаций и отдельных специалистов к настоящему времени удалось сохранить лишь единичные наблюдательные объекты мониторинга криолитозоны. Это, в первую очередь, Воркутинский и Болванский стационары на Европейском Севере; участок с температурными наблюдениями в предгорье и низкогорье Северного Урала; геокриологические стационары Марре-Сале, Васькины Дачи (Западный Ямал), Надым и участки с повторными температурными наблюдениями в скважинах на площади Уренгойского газового месторождения на севере Западной Сибири; стационары Чабыдинский, Якутский, Юкэчи, полигон Умайбыт и северный участок трассы железной дороги Томмот–Якутск (между станциями Олень и Бестях) в Центральной Якутии. Все эти объекты мониторинга криолитозоны пригодны для организации глобальной наземной сети геокриологических наблюдений (GTNet-P), продолжение наблюдений на них является приоритетным.

В настоящее время на севере Западной Сибири мониторинговые наблюдения активно проводятся на трех геокриологических стационарах (Марре-Сале, Васькины Дачи, Надым) и трех режимных участках на площади Уренгойского месторождения природного газа (Хадутте, Таб-Яха и УКПГ-11) (табл. 2). Марре-Сале можно рассматривать как фоновый стационар для Бованенковского газоконденсатного месторождения и возможного северного участка газопровода Ямал–Запад. Надымский стационар включает участки наблюдений на трассе эксплуатируемого газопровода (8–20 км) Надым–Пунга. Стационар Васькины Дачи расположен непосредственно на разведанной площади Бованенковского месторождения. Заслуживает пристального внимания восстановле-

ние скважинных температурных наблюдений (в режиме периодического посещения) на стационаре Парисенто (Гыданский п-ов). Территория стационара Парисенто примыкает к Гыданскому газовому месторождению. Оценка динамики мерзлоты на стационарах Марре-Сале и Надым и трех режимных участках на площади Уренгойского месторождения газа при современных климатических изменениях дана в работе [*Павлов и др., 2002*].

На территории Марре-Сале для продолжения наблюдений выбрано 9 основных скважин глубиной 10–12 м, по которым имеются многолетние ряды измерений. Участки расположения скважин различаются ландшафтно-геоморфологическими и грунтовыми условиями (табл. 3). Результаты обобщения информации, накопленной на стационаре Марре-Сале, нашли отражение в ряде публикаций в России и за рубежом [*Дубровин и др., 1996; Павлов, 1997; Pavlov, 1996*].

ВЫВОДЫ

1. Систематизация сведений о размещении наблюдательных сетей мониторинга криолитозоны на территории России и отражение их на разработанной мелкомасштабной электронной карте показывает, что Европейский Северо-Восток, север Западной Сибири и Центральная Якутия характеризуются наибольшей степенью стационарной геокриологической изученности территории. В целом по России за весь период осуществления мониторинга криолитозоны (с середины 1950-х гг.) около половины всех геокриологических стационаров функционировало в тундровой зоне. В комплексе работ по мониторингу криолитозоны преобладают наблюдения за глубиной сезонного протаивания и температурой мерзлых грунтов. Сезонный режим наблюдений на стационарах осуществляют чаще, чем круглогодичный.

2. Организация и ведение мониторинга криолитозоны в основном осуществляется научно-исследовательскими организациями. Это позволяет выполнять уникальные наблюдения с охватом большого числа быстро меняющихся во времени показателей геологической среды, климата и ландшафтных условий, но затрудняет развитие мониторинга из-за ограничений в привлечении сил и средств.

3. Существенный недостаток проводимых в настоящее время работ по мониторингу криолитозоны заключается в недостаточной изученности больших глубин (в основном исследованы глубины до 10–20 м от поверхности), тогда как реакция мерзлых пород на глобальное потепление климата и на интенсивные техногенные воздействия может проявляться на глубинах 80–100 м и более. Кроме того, лишь в стадии разработки находятся исследования по экстраполяции данных наблюдений с локального уровня на региональный (площадной).

4. Все действующие в настоящее время 14 наблюдательных объектов мониторинга криолитозоны пригодны для постановки специальных геокриологических исследований, связанных с организацией глобальной наземной сети наблюдений за криолитозоной и выполнения наблюдений по программе IV Международного полярного года (2007–2008 гг.).

Авторы благодарят Н.Б. Какунова и Ю.Б. Скачкова за предоставление информации по ряду объектов мониторинга криолитозоны.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ, гранты № 02-05-64331 „Реакция вечномерзлых грунтов на вариации современного климата и техногенез", № 05-05-64215 „Устойчивость мерзлых пород в осваиваемых нефтегазоносных районах при современных изменениях климата" и программы Президиума РАН, Интеграционный проект № 13.3.2 „Влияние прогнозируемого потепления климата в криолитозоне Сибири на экосистемы Севера".

Литература

Балобаев В.Т. Процессы теплообмена поверхности обнаженных мерзлых мелкодисперсных грунтов при послойном оттаивании // Тепло- и массообмен в мерзлых почвах и горных породах. М., Изд-во АН СССР, 1961, с. 25–43.

Варламов С.П., Скачков Ю.Б., Скрябин П.Н. Температурный режим грунтов мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии. Якутск, ИМЗ СО РАН, 2002, 216 с.

Гаврилова М.К. Теплобалансовые исследования в мерзлотоведении // Итоги геокриологических исследований в Якутии в XX веке и перспективы их дальнейшего развития: Докл. Респ. науч. конф., Якутск, 9–11 окт. 2001 г. Якутск, ИКЗ СО РАН, 2003, с. 13–33.

Геокриологический прогноз для Западно-Сибирской газоносной провинции. Новосибирск, Наука, 1983, 182 с.

Дубровин В.А., Павлов А.В., Харитонов Л.П. Экспериментальное исследование термического режима грунтов в арктических районах Западной Сибири // Материалы Первой конф. геокриологов России. М., Изд-во МГУ, 1996, кн. 1, с. 310–320.

Изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий верхних горизонтов пород в нефтегазоносных районах криолитозоны (Методическое руководство) / Под ред. Е.С. Мельникова, С.Е. Гречищева, А.В. Павлова. М., Недра, 1992. 288 с.

Лейбман М.О. Динамика слоя сезонного оттаивания пород и методика измерения его глубины в различных ландшафтах Центрального Ямала // Криосфера Земли, 2001, т. V, № 3, с. 17–24.

Мельников Е.С., Кондратьева К.А. Циркумарктическая карта многолетнемерзлых пород и грунтовых льдов (масштаб 1:10 000 000) // Криосфера Земли, 1998, т. II, № 4, с. 51–61.

Москаленко Н.Г., Пономарева О.Е. Изменения растительности и геокриологических условий бугров пучения, нарушенных линейным строительством в северной тайге Западной Сибири // Криосфера Земли, 2004, т. VIII, № 2, с. 10–16.

Павлов А.В. Теплообмен промерзающих и протаивающих грунтов с атмосферой. М., Наука, 1965, 254 с.

Павлов А.В. Современное состояние геокриологического мониторинга России и проблемы его развития // Материалы Первой конф. геокриологов России. М., Изд-во МГУ, 1996, кн. 3, с. 327–336.

Павлов А.В. Мерзлотно-климатический мониторинг России: методология, результаты наблюдений, прогноз // Криосфера Земли, 1997, т. I, № 1, с. 47–58.

Павлов А.В. Термический режим озер равнинных районов Севера // Криосфера Земли, 1999, т. III, № 3, с. 59–70.

Павлов А.В. Реакция криолитозоны на современные и ожидаемые в XXI веке климатические изменения // Разведка и охрана недр, 2001, № 5, с. 8–14.

Павлов А.В., Ананьева Г.В., Дроздов Д.С. и др. Мониторинг сезонноталого слоя и температуры мерзлого грунта на Севере России // Криосфера Земли, 2002, т. VI, № 4, с. 30–39.

Промерзание земной поверхности и оледенение хребта Сунтар-Хаята / Н.А. Граве, М.К. Гаврилова, Г.Ф. Гравис и др. М., Наука, 1964, 143 с.

Скрябин П.Н. Развитие наблюдательной сети термического мониторинга криолитозоны в Центральной Якутии // Криосфера Земли, 2001, т. V, № 3, с. 56–62.

Сумгин М.И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР. 2-е изд. М., Изд-во АН СССР, 1937, 379 с.

Brown J., Hinkel K.M., Nelson F.E. The Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) program: Research designs and initial results // Polar Geography, 2000, vol. 24, No. 3, p. 163–258.

Mazhitova G., Malkova (Ananjeva) G., Chestnykh O., Zamolodchikov D. Active-layer spatial and temporal variability at European Russian Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) sites // Permafrost Periglacial Processes, 2004, vol. 15, p. 123–139.

Pavlov A.V. Permafrost-climatic monitoring of Russia: Analysis of field date and forecast // Polar Geography, 1996, vol. 20, No. 1, p. 44–64.

Поступила в редакцию
3 ноября 2004 г.