

УДК 551.46 (268.1+262.24)
DOI: 10.7868/S25000640200204

ЛЕД КАК ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА (НА ПРИМЕРЕ БАРЕНЦЕВА И АЗОВСКОГО МОРЕЙ)

© 2020 г. Академик Г.Г. Матишов^{1,2}, Л.В. Дашкевич², Е.Э. Кириллова²

Аннотация. Каждому морскому водоему свойственна своя специфика проявления глобальных природных изменений. Динамика возникновения льдов, движения ледников зависит от регионального, глобального и исторического ритма климата, от его межвековых и внутривековых колебаний. Результаты наблюдений за ледовым покровом Баренцева и Азовского морей свидетельствуют о значительных флуктуациях за последние полвека.

В настоящей работе на основе баз данных рассмотрена ледовитость Баренцева моря в период зим 1973–2019 гг. с учетом его местоположения в акватории Северного Ледовитого океана в сопоставлении с ситуацией, развивавшейся в это время на юге России в Азово-Черноморском регионе. Приведены данные о максимальном и минимальном оледенении в Баренцевом море по десятилетиям. Для второй половины XX – начала XXI века выделены два больших периода: до начала 1990-х гг. – холодный период (повышенная ледовитость), с 1990-х гг. до наших дней – теплый период (преобладание легких ледовых условий). В первые два десятилетия XXI века Баренцево море характеризуется высоким теплосодержанием вод и низкой ледовитостью.

Рассмотрена динамика образования льда и температурный режим в вершине Таганрогского залива за последние 15 лет. Проведен анализ агроклиматических факторов для выявления экстремальных условий растениеводства в Приазовье. Выявлены значимые условия для возможного определения относительного уровня валовых сборов озимой пшеницы.

Ключевые слова: морской лед, изменение климата, Баренцево море, Азовское море, агроклиматические факторы.

ICE AS AN INDICATOR OF CLIMATE CHANGE (ON EXAMPLE OF THE BARENTS SEA AND THE SEA OF AZOV)

Academician RAS G.G. Matishov^{1,2}, L.V. Dashkevich², E.E. Kirillova²

Abstract. Each sea has its own specifics of manifestation of global natural changes. The dynamics of ice cover, the movement of glaciers depends on the regional, global and historical rhythm of the climate, on inter-century and intra-century variations. The results of observations of the ice cover of the Barents Sea and the Sea of Azov indicate significant fluctuations over the past half century.

In this work, based on databases, the ice cover of the Barents Sea during the winters of 1973–2019, taking into account its place among the ice of the Arctic Ocean, is considered in comparison with the situation developing at this time in the south of Russia in the Azov-Black Sea region. The data on the maximum and minimum glaciation in the Barents Sea over decades is presented. In general, two large periods can be distinguished: until the beginning of the 1990s, the cold period (increased ice cover), and after that, to the present day, the warm period (the prevalence of light ice conditions). The first two decades of the twenty-first century the Barents Sea ecosystem is characterized by high heat content of water and low ice cover.

¹ Мурманский морской биологический институт Российской академии наук (Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russian Federation), Российская Федерация, 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17

² Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: unc@ssc-ras.ru

The dynamics of ice formation and the temperature regime at the top of the Taganrog Bay over the past 15 years are considered. Also, an analysis of agro climatic factors was carried out to identify the extreme conditions of crop production in the Azov region. Significant conditions identified for the possible determination of the relative level of gross harvests of winter wheat.

Keywords: sea ice, climate change, Barents Sea, Sea of Azov, agroclimatic factors.

Значительная часть земной поверхности покрыта различными льдами: горными ледниками, морским, речным, озерным льдом. Такие явления, как океанический перигляциал и материковое оледенение, хорошо изучены. Последнее оледенение произошло в северном полушарии 17–20 тыс. лет назад (рис. 1). Покровные ледники перекрыли Баренцево море. В это время уровень Мирового океана находился на отметке в 120 м ниже современного. Эти процессы повлияли и на осушение шельфа Азовского моря [1–4 и др.].

Каждому морскому водоему свойственна своя специфика проявления глобальных природных изменений. Динамика возникновения льдов, движения ледников зависит от регионального, гло-

бального и исторического ритма климата, от его межвековых и внутривековых колебаний. Отметки, оставленные материковыми оледенениями и океаническим перигляциалом, – наиболее точные показатели глобальной климатической изменчивости [3; 5].

Во второй половине XX века благодаря появлению новых, более совершенных технологий (глубоководное бурение дна, детальное эхолотирование, сейсмопрофилирование и картирование дна, отбор грунтовых колонок) существенно расширились и во многом принципиально изменились прежние взгляды на строение морфоскульптуры и четвертичного осадочного чехла материкового склона, подножия и абиссальных равнин. Особенно резко

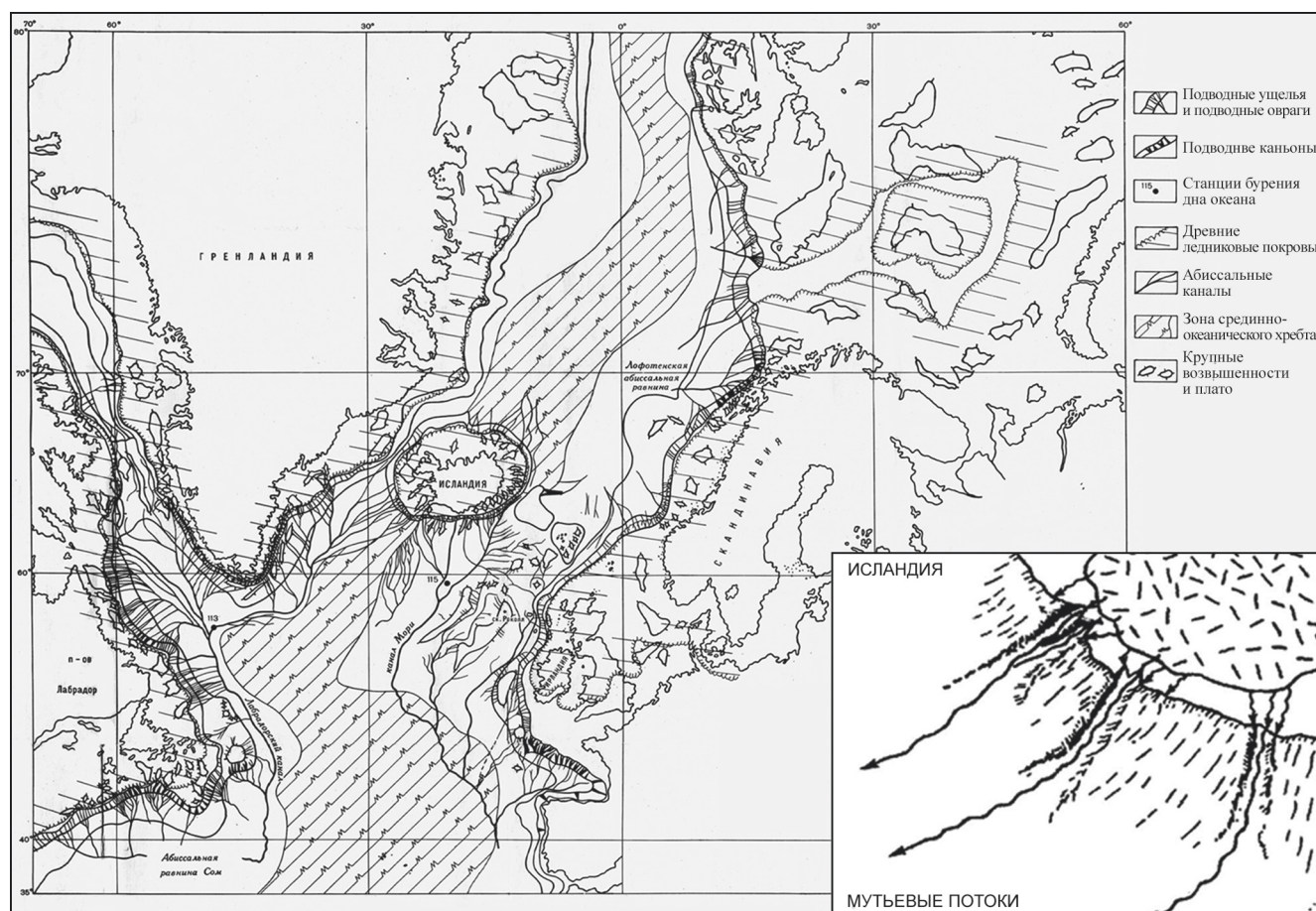


Рис. 1. Распространение подводных долин в перигляциально-океаническом поясе [4].
Fig. 1. Distribution of submarine valleys in the periglacial-oceanic zone [4].

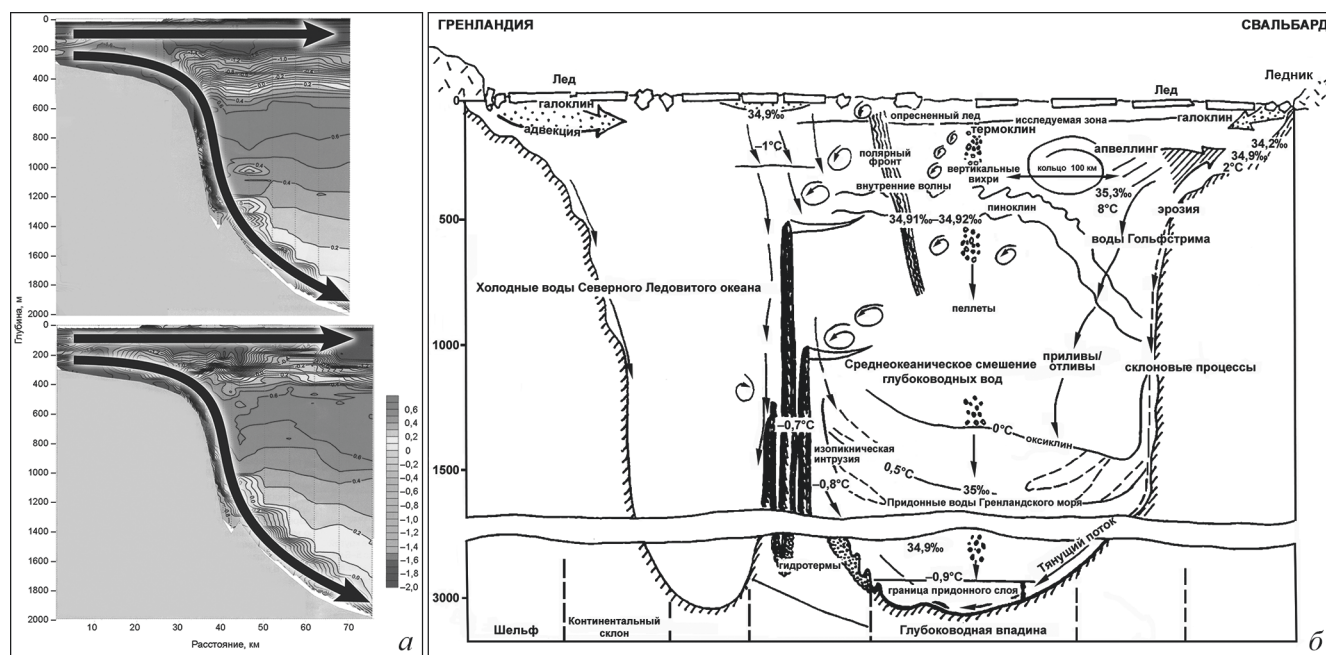


Рис. 2. Процессы и явления в океане: *а* – сток плотных вод в глубоководной части Антарктического материкового склона [10]; *б* – гидрологические процессы в Северном Ледовитом океане [9].

Fig 2. Processes and phenomena in the ocean: *a* – dense water runoff in the deepwater part of the Antarctic continental slope [10]; *b* – hydrological processes in the Arctic Ocean [9].

эволюционировали представления о роли экзогенных рельефообразующих факторов в формировании морфологии дна Северной Атлантики и Норвежско-Гренландского бассейна в ледниковый период [3; 4 и др.] (рис. 1).

Особое значение для арктических и антарктических вод и, соответственно, термогалинной циркуляции имеет образование морских льдов. Морской лед и выводные ледники материковых оледенений являются основополагающим фактором при формировании донной воды (составной части в системе глобальной циркуляции Мирового океана). Лед содержит лишь около 30 % солей, растворенных в воде, из которой он образовался. Остающиеся соли поступают в находящуюся подо льдом воду, температура которой близка к точке замерзания, и таким образом увеличивают ее соленость и плотность [2]. Самыми важными источниками придонных океанских вод являются Антарктика (рис. 2), полярные и субполярные регионы Северной Атлантики (Норвежское и Гренландское моря). Плотные воды, образовавшиеся в Южном океане, составляют 59 % вод Мирового океана [5–8].

Трудно сегодня предсказать изменчивость окружающей среды. Недостаточная сеть функционирующих гидрометеостанций за полярным кругом ведет к преобладанию теоретических расчетов и

прогнозов. Качество создаваемых моделей напрямую зависит от трех составляющих: количества реальных природных явлений, которые учитывает модель; корректности математического описания этих процессов; точности входных данных. Оперативная океанология должна опираться на базы данных, собранные как минимум за 50–100 лет.

Анализ баз данных за многолетний период позволяет не только проводить ретроспективные исследования, но и совершать новые открытия. Так, например, в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте (ААНИИ) на основе базы данных 39-летнего ряда спутниковых наблюдений (зимы 1978–2017 гг.) сделали вывод о существовании в Арктике трех различных магистральных типов дрейфа морского льда [11].

В настоящей работе на основе баз данных проанализированы аномальные варианты ледового режима в период зим 1973–2019 гг. в Баренцевом море в сопоставлении с ситуацией, развивавшейся в это же время на юге России в Азово-Черноморском регионе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В результате многолетнего сотрудничества с Национальным центром экологической информа-

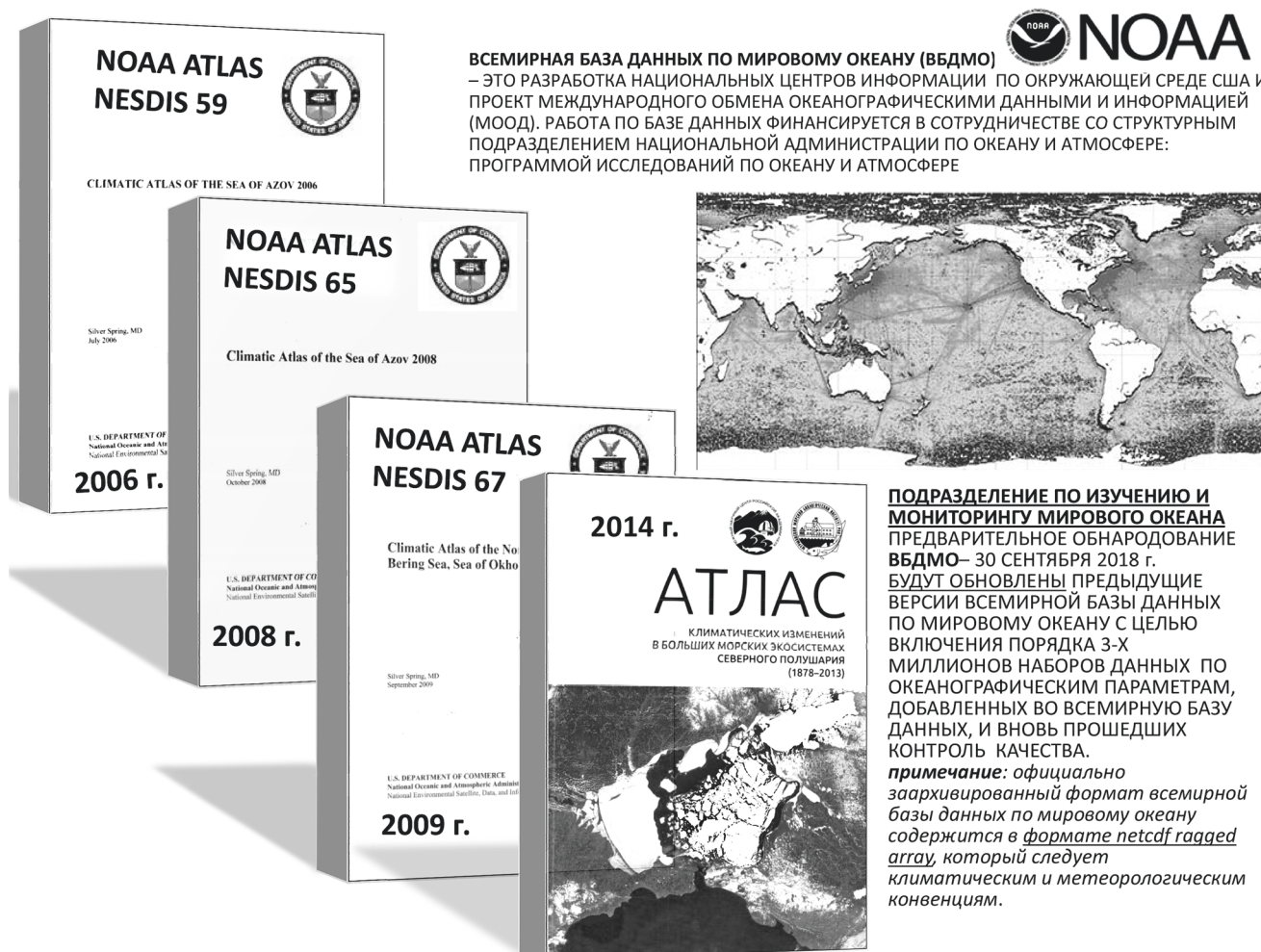


Рис. 3. Климатические атласы (базы данных), подготовленные в NOAA (США) совместно с ММБИ РАН и ЮНЦ РАН.
Fig. 3. Climatic atlases (databases) prepared at NOAA (USA) in conjunction with the Murmansk Marine Biological Institute Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences and the Federal Research Centre the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

ции Национального управления океанических и атмосферных исследований (National Center for Environmental Information of National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEI NOAA), США) объединенными усилиями Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН) и Мурманского морского биологического института Российской академии наук (ММБИ РАН) в 2014 г. был издан общедоступный «Атлас климатических изменений в Больших морских экосистемах северного полушария (1878–2013)» [12] с обширной базой данных (рис. 3). В его состав вошли в том числе ежемесячные карты ледовитости Баренцева моря.

Материалом для настоящей работы послужили ежемесячные картосхемы ледовитости Баренцева моря за период 1973–1976 гг. из работы К.Л. Паркинсона с соавторами [13], за 1977–2010 гг. из «Атласа

климатических изменений в Больших морских экосистемах северного полушария (1878–2013)» [12], данные о ледовой обстановке с сайта ААНИИ [14], результаты наблюдений в 2005–2020 гг. за ледовой обстановкой в азовском бассейне, проводимые ЮНЦ РАН, и литературные данные.

В работе выполнен сравнительный анализ ледовитости Баренцева моря в разные годы с учетом его местоположения в акватории Северного Ледовитого океана. В зависимости от максимальной и минимальной площади льда были выбраны в качестве летнего сезона сентябрь, зимнего – март – апрель.

Одновременно был обработан и систематизирован собственный материал регулярных натурных наблюдений за сезонными эстуарными льдами Таганрогского залива, а также записи гидрометеорологических самописцев на акватории (табл. 1, рис. 4–6).

Таблица 1. Агроклиматические условия в Приазовье в сопоставлении с урожаями озимой пшеницы
Table 1. Agro-climatic conditions in the Azov region in comparison with winter wheat yields

Зима Winter	Число дней со льдом (в среднем 52,75) The number of days with ice (52.75 average)	Число ледоставов за сезон Number of freezings per season	Первый день с ледоставом The first day with freezing	Последний день с ледоставом The last day with freezing	Температура воздуха в мае May air temperature		Сумма атмосферных осадков в мае Precipitation in May	Урожайность озимой пшеницы, ц/га Productivity of winter wheat, centner/hectare	Валовый сбор озимой пшеницы, млн т Gross harvest of winter wheat, million tons
					Средняя Average	Максимальная Maximum			
2004–2005	48	2	17.12.2004	12.03.2005	20,3	35	44,1	30,40	4,502
2005–2006	65	1	5.01.2006	11.03.2006	19,1	34	44,2	29,30	4,193
2006–2007	6	1	22.02.2007	27.02.2007	22,4	38	10,3	22,20	3,243
2007–2008	72	2	17.12.2007	29.02.2008	18,9	32	29,0	34,10	6,649
2008–2009	62	2	15.12.2008	28.02.2009	17,6	30	47,7	26,80	5,329
2009–2010	68	4	9.12.2009	12.03.2010	20,4	29	90,0	27,30	5,431
2010–2011	70	1	6.01.2011	17.03.2011	20,3	28	41,3	29,20	5,779
2011–2012	70	2	24.11.2011	26.03.2012	22,7	32	115,1	23,80	4,481
2012–2013	56	2	15.12.2012	25.02.2013	23,9	33	0,0	23,90	4,756
2013–2014	58	2	11.12.2013	28.02.2014	20,9	32	110,4	33,40	7,141
2014–2015	65	3	23.11.2014	24.02.2015	20,1	32	46,5	32,50	7,405
2015–2016	34	2	30.12.2015	03.02.2016	17,2	27	179,8	39,00	9,003
2016–2017	74	5	22.11.2016	27.02.2017	16,7	28	63,3	44,50	10,872
2017–2018	40	2	29.11.2017	11.03.2018	19,5	31	28,2	36,00	9,318
2018–2019	41	5	29.11.18	25.02.2019	20,3	35	59,86	35,60	9,956
2019–2020	15	3	25.11.19	14.02.2020	–	–	–	–	–

Примечание. Данные наблюдений за ледоставом и температурой воздуха на БНЭБ «Кагальник», сумма атмосферных осадков – ГМС Ростов-на-Дону [15], урожайность и валовый сбор озимой пшеницы по Ростовской области по [16].

Note. Observations of freezing and air temperature at CSEB “Kagalnik”, the amount of precipitation – GMS Rostov-on-Don [15], productivity of winter wheat and gross harvest of winter wheat in Rostov Region [16].

Данные по температуре (более 27000 срочных наблюдений за 15 лет) на взморье Таганрогского залива были осреднены до среднесуточных величин. Для представления внутригодовой динамики температур воды и воздуха на график наносили средние декадные значения по всем месяцам в году. Данные о продолжительности ледостава отражены с момента образования припая в пункте наблюдения на береговой научно-экспедиционной базе (БНЭБ) «Кагальник» до даты разрушения льда (табл. 1, рис. 4–6).

Для анализа агроклиматических факторов и выявления экстремальных условий для растениеводства в Приазовье были привлечены данные наблю-

дений за атмосферными осадками (суммы осадков по месяцам, г. Ростов-на-Дону) с сайта Гидрометцентра России [15] за последние 15 лет. В качестве индикаторной культуры была выбрана озимая пшеница, данные об урожайности (ц/га) и валовых сборах (млн т) которой были получены на сайте Федеральной службы государственной статистики [16]) (табл. 1, рис. 4–6).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Мировом океане в зависимости от концентрации солей, мутности воды и высоты над уровнем моря точка замерзания воды варьирует от $-1... -1,9$

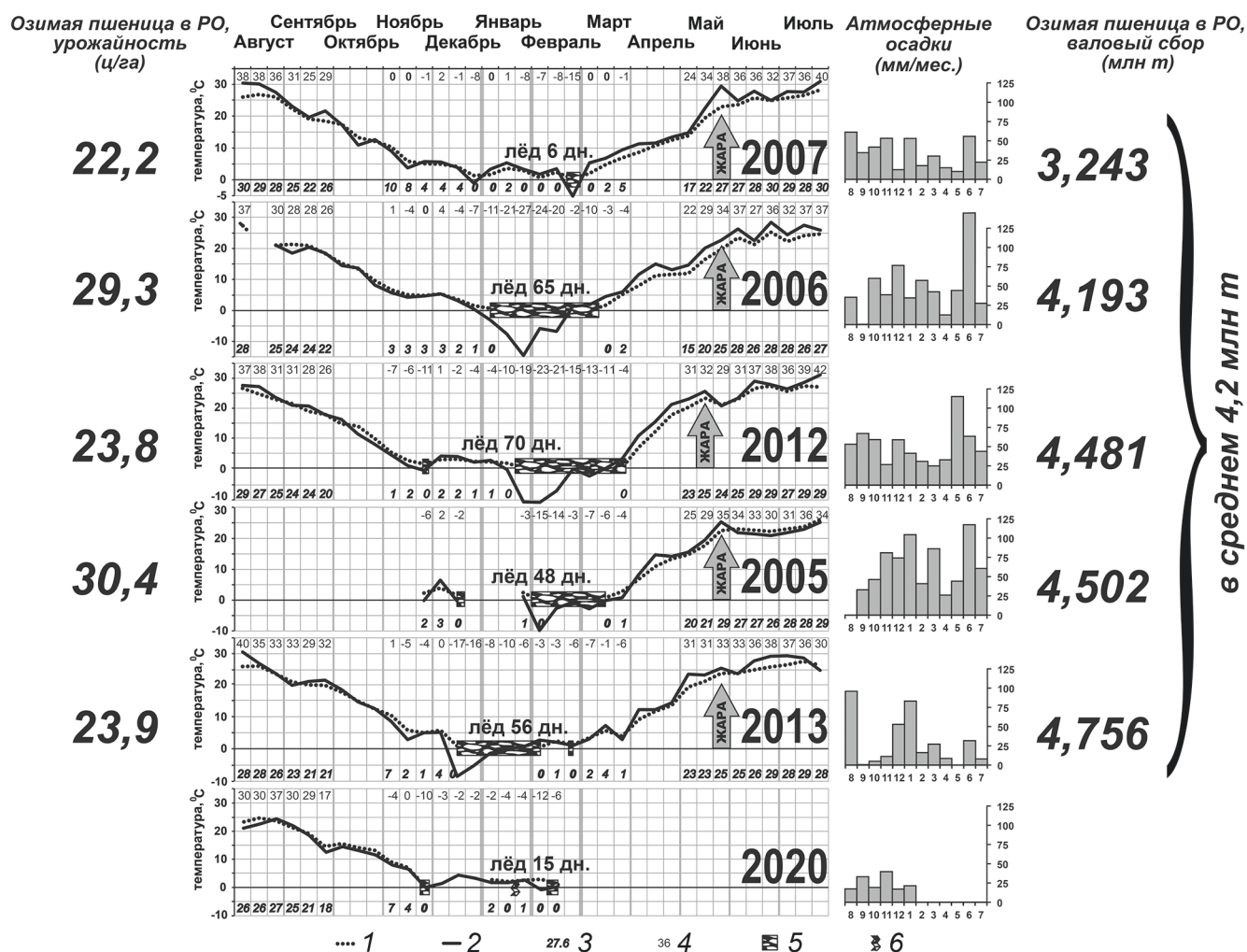


Рис. 4. Гидрометеорологические наблюдения на БНЭБ «Кагальник» и урожаи озимой пшеницы в годы, экстремальные по агро-климатическим условиям. 1–4 – среднесуточная (по декадам) температура воды (1, 3) и воздуха (2, 4) с максимальными (в теплый период) и минимальными (в холодный период) значениями; 5 – продолжительность ледостава; 6 – ледовые явления. Атмосферные осадки на ГМС Ростов-на-Дону по данным [15], урожайность и валовый сбор озимой пшеницы в Ростовской области по данным [16].

Fig. 4. Hydro-meteorological observations at CSEB “Kagalnik” and winter wheat crops in years with extreme agro-climatic conditions. 1–4 – the average daily (over decades) temperatures of water (1, 3) and air (2, 4) with maximum (in the warm period) and minimum (in the cold period) values; 5 – duration of freezing; 6 – ice phenomena. Precipitation at GMS Rostov-on-Don according to [15], productivity of winter wheat and gross harvest of winter wheat in Rostov Region [16].

до +1... +2,5 °C. Соленые (34–35,5 ‰) воды океанов замерзают при низких (–1,8 °C) температурах. Тают морские льды при температуре воды до +2,3 °C.

Одной из характерных особенностей ледового режима Баренцева моря является большая межгодовая и сезонная изменчивость его ледовитости. Наибольшая ледовитость наблюдается обычно во второй декаде апреля, наименьшая – в конце августа и первой половине сентября. В августе – сентябре аномально теплых лет море полностью очищается ото льда, а в аномально холодные годы ледяной покров в эти месяцы сохраняется на 40–50 % его площади, располагаясь преимущественно в

северных районах. В конце наиболее суровых зим свыше 90 % площади моря покрывается мощными сплоченными льдами, а в особенно теплые зимы наибольшая ледовитость даже в апреле не превышает 55–60 % [17].

Рассматривая ледовую обстановку по десятилетиям, в каждом можно выделить годы с минимальным и максимальным распространением льда по акватории Баренцева моря и прилегающим водам (табл. 2).

Результаты наблюдений за ледовым покровом Баренцева моря свидетельствуют о его значительных флуктуациях за последние полвека. Средняя

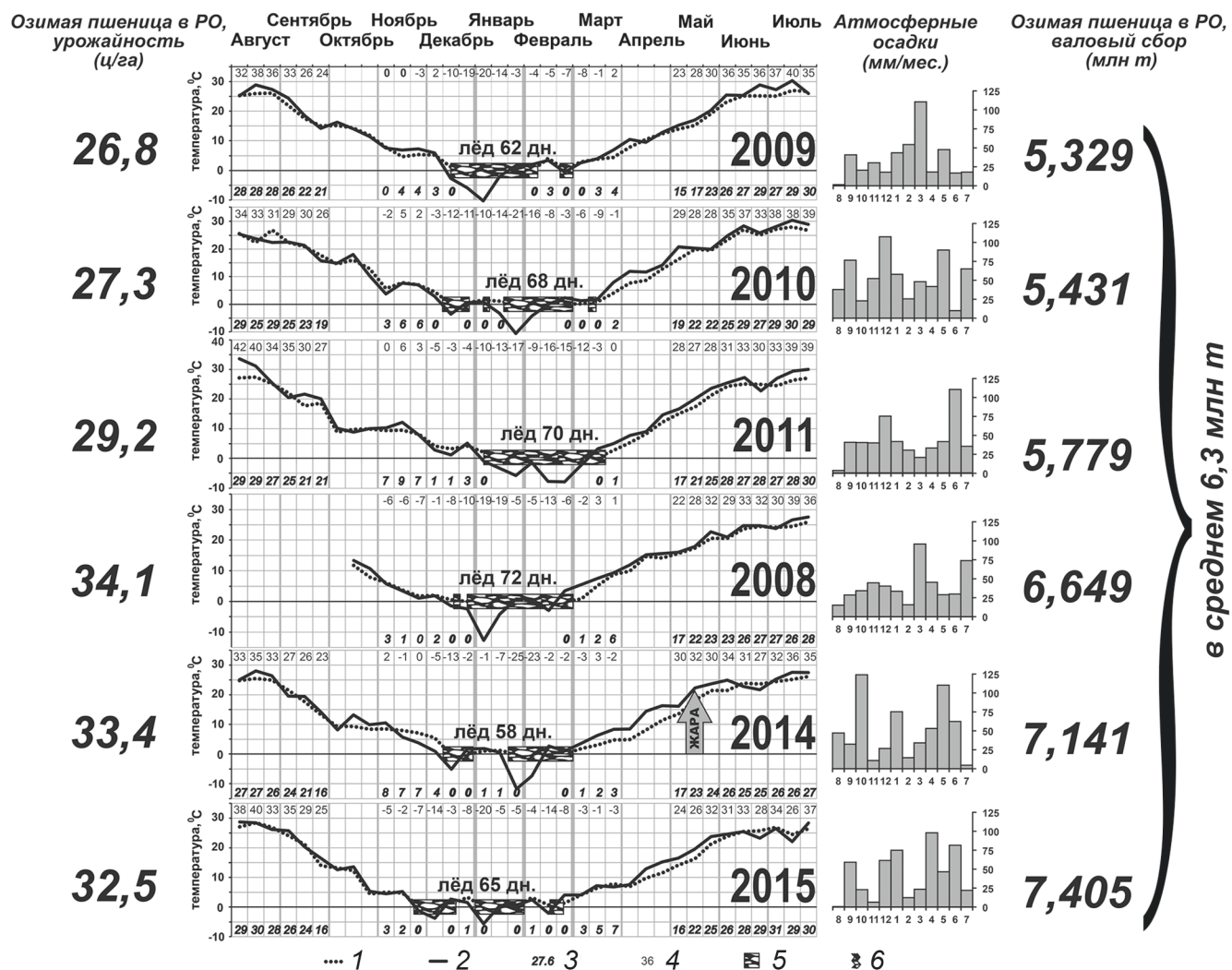


Рис. 5. Гидрометеорологические наблюдения на БНЭБ «Кагальник» и урожаи озимой пшеницы в годы со средними агроклиматическими условиями. 1–4 – среднесуточная (по декадам) температура воды (1, 3) и воздуха (2, 4) с максимальными (в теплый период) и минимальными (в холодный период) значениями; 5 – продолжительность ледостава; 6 – ледовые явления. Атмосферные осадки на ГМС Ростов-на-Дону по данным [15], урожайность и валовый сбор озимой пшеницы в Ростовской области по данным [16].

Fig. 5. Hydro-meteorological observations at CSEB “Kagalnik” and winter wheat crops in years with moderate agro-climatic conditions. 1–4 – the average daily (over decades) temperatures of water (1, 3) and air (2, 4) with maximum (in the warm period) and minimum (in the cold period) values; 5 – duration of freezing; 6 – ice phenomena. Precipitation at GMS Rostov-on-Don according to [15], productivity of winter wheat and gross harvest of winter wheat in Rostov Region [16].

ледовитость Баренцева моря колебалась в разные годы XX века от 14 до 63 % [12; 18]. В целом во второй половине XX – начале XXI века можно выделить два больших периода: до начала 1990-х гг. – холодный период (повышенная ледовитость), с 1990-х гг. до наших дней – теплый период (преобладание легких ледовых условий). В первые два десятилетия XXI века Баренцево море характеризуется высоким теплосодержанием вод и низкой ледовитостью.

Исторически наибольшая ледовитость в Баренцевом море наблюдается в апреле (в период 1973–2019 гг.

самая большая площадь распространения льда в Баренцевом море была отмечена в 1979 и 1998 гг. (рис. 7)), но иногда в теплые годы максимальное распространение льда ограничивается мартом (например, 1989, 1995, 2016 гг.). Наименьшая ледовитость в марте была в 2017 г., в апреле – в 2016 г.

Максимальное отступление многолетнего льда к полюсу в секторе Баренцева моря отмечено в сентябре 2013 г., следующее по рангу – в 2012 г. Наибольшее распространение ледового покрова в этом месяце в период 1973–2019 гг. наблюдалось в 1989 и 1993 гг.

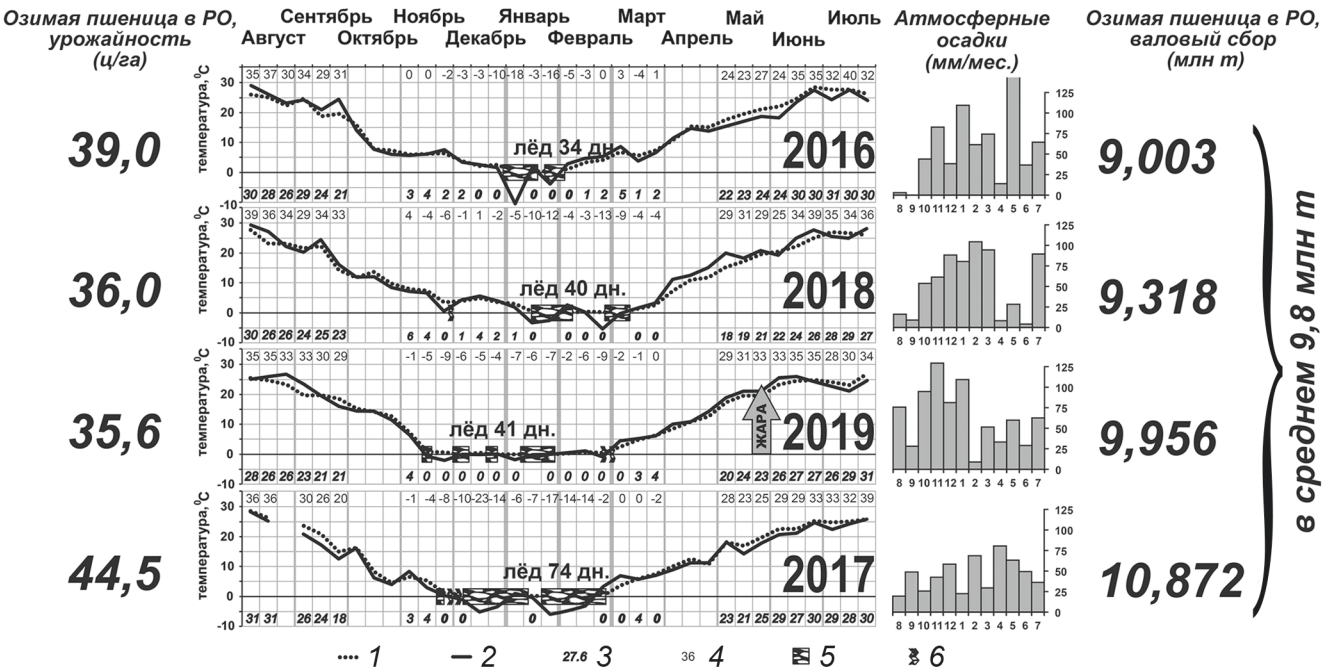


Рис. 6. Гидрометеорологические наблюдения на БНЭБ «Кагальник» и урожаи озимой пшеницы в годы, благоприятные по агро-климатическим условиям. 1–4 – среднесуточная (по декадам) температура воды (1, 3) и воздуха (2, 4) с максимальными (в теплый период) и минимальными (в холодный период) значениями; 5 – продолжительность ледостава; 6 – ледовые явления. Атмосферные осадки на ГМС Ростов-на-Дону по данным [15], урожайность и валовый сбор озимой пшеницы в Ростовской области по данным [16].

Fig. 6. Hydro-meteorological observations at CSEB “Kagalnik” and winter wheat crops in years with favorable agro-climatic conditions. 1–4 – the average daily (over decades) temperatures of water (1, 3) and air (2, 4) with maximum (in the warm period) and minimum (in the cold period) values; 5 – duration of freezing; 6 – ice phenomena. Precipitation at GMS Rostov-on-Don according to [15], productivity of winter wheat and gross harvest of winter wheat in Rostov Region [16].

При рассмотрении климатической изменчивости последних столетий подтверждается сделанный предшественниками [19 и др.] вывод, что морской лед – один из важнейших индикаторов климата. В 1878 г. А.Э. Норденшельд на судне «Вега» прошел за лето от Стокгольма до Берингова пролива (рис. 8). И Норденшельд, и челюскинцы, и многие другие проходили вдоль берегов Сибири в безледных условиях потепления. Сезонная и многолетняя динамика морских течений и фронтальных зон во многих случаях является опреде-

ляющим фактором изменений морской биоты и экосистем.

Известны холодные гидрологические годы, имеющие определенную цикличность (11, 21, 33, 90 и более лет). Например, только в течение XX века несколько раз (1901–1902, 1935–1936, 1965–1966, 1997–1998, 1998–1999 гг.) замерзал обычно незамерзающий Кольский залив, неоднократно происходили аномальные выбросы айсбергов от районов их обычного дрейфа в Баренцевом море, в частности к Нордкапу, на расстояние до 1 тыс. км [20].

Таблица 2. Максимальное и минимальное оледенение в Баренцевом море по десятилетиям (1973–2019 гг.), составлено по данным [12–14]

Table 2. The maximum and minimum glaciation in the Barents Sea for decades (1973–2019), compiled according to [12–14]

Период, годы Period, years	Максимальное оледенение Maximum glaciation		Минимальное оледенение Minimum glaciation	
	Апрель / April	Сентябрь / September	Апрель / April	Сентябрь / September
1973–1979	1979	1978	1976	1975
1980–1989	1981	1989	1989	1985
1990–1999	1998	1993	1995	1996
2000–2009	2003	2003	2007	2004, 2007
2010–2019	2010	2014	2016	2012, 2013

Похолодание 1977–1980 гг. привело к уменьшению численности основных видов рыб Баренцева моря и спаду промысла [21]. Очередное похолодание подтверждается экспансией арктических видов (сайка) далеко на запад Баренцева моря.

В начале XXI века, как в 30-е гг. XX века, в Арктике наблюдалось потепление и масштабная деградация льда. В сентябре 2012 г. (рис. 8) площадь льда в Северном Ледовитом океане сократилась до минимума – 400 тыс. км² против обычных 860 тыс. км². Это был год с наименьшей ледовитостью за 100 лет. Данная климатическая фаза была обусловлена мощной адвекцией тепла из Атлантики. Этот факт породил спекулятивные суждения о скором таянии арктических льдов. При этом следующие холодные весна и лето 2013 г. привели к росту ледового покрова в Арктике, и его площадь стала примерно в 1,5 раза больше, чем в 2012 г.

В эти же годы экстремально большие площади льда и морозы охватили южные моря. Зимой

2005–2006 и 2011–2012 гг. в акваториях Азовского и Каспийского морей возникали торосы и стамухи, типичные для Карского и Печорского морей. В 2012 г. впервые за 30 лет замерзли акватория порта в Махачкале, северная часть Черного моря, за 80 лет – каналы Венеции, покрылись льдом пирсы Женевского озера. На территории Центральной и Южной Европы и в акваториях прилегающих морей установилась аномально холодная погода с экстремальными морозами (рис. 9). Влияние Сибирского антициклона распространилось вплоть до Ла-Манша и Португалии [22].

В феврале – марте 2012 г. в акватории и в портах Азовского моря и Керченского пролива из-за торосов застряло во льдах сразу 100 судов (рис. 9a). На Азовском и Каспийском морях лед стал фактором, серьезно осложнившим навигацию, которая в нормальных условиях не встречает препятствий в течение всего года. Продолжительность ледового периода на Каспии и в Азовском море достигла 60–80 дней.

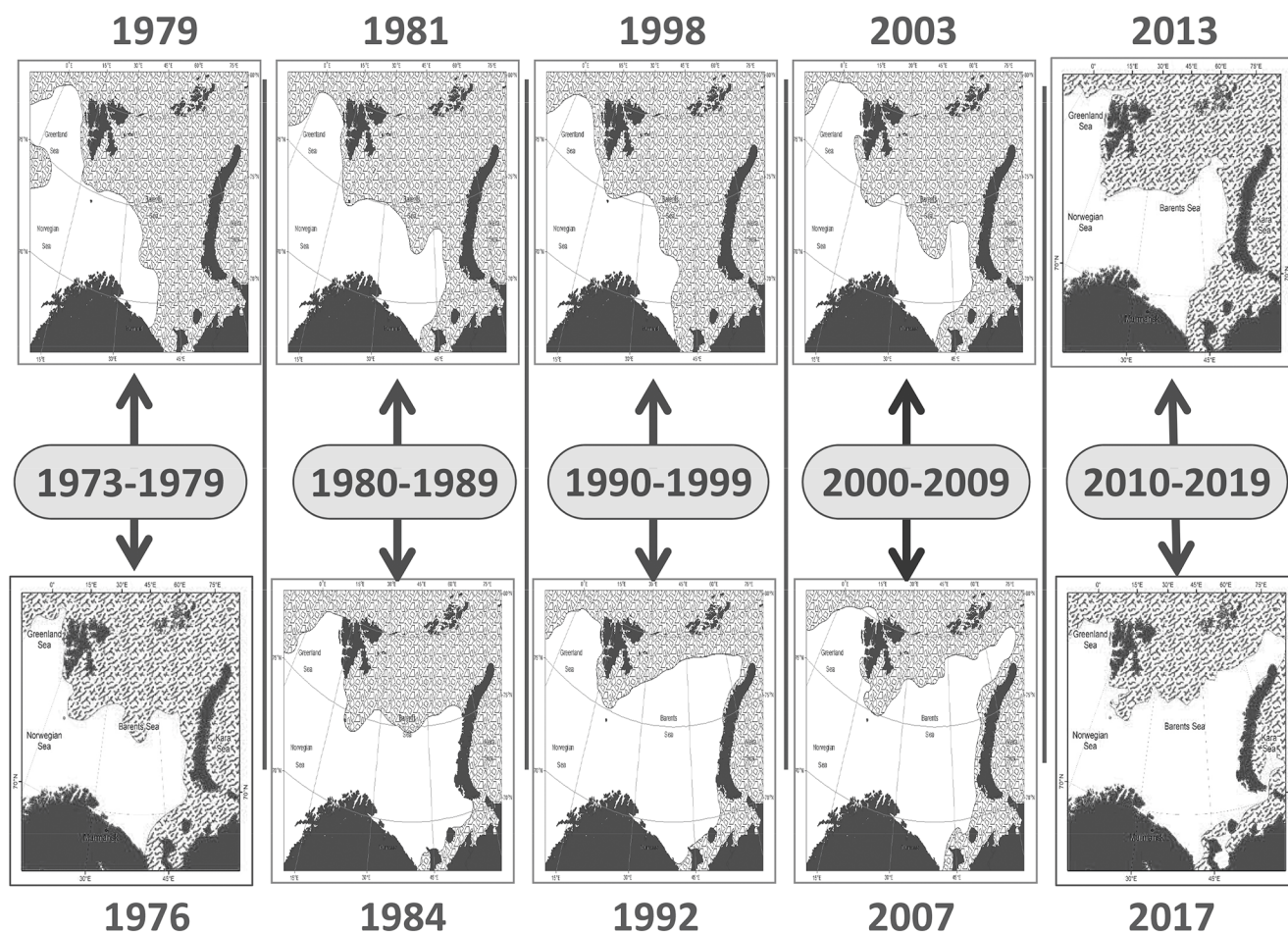


Рис. 7. Ледовая обстановка в Баренцевом море в марте (по данным [12–14]).
Fig. 7. Ice conditions in the Barents Sea in March (according to [12–14]).

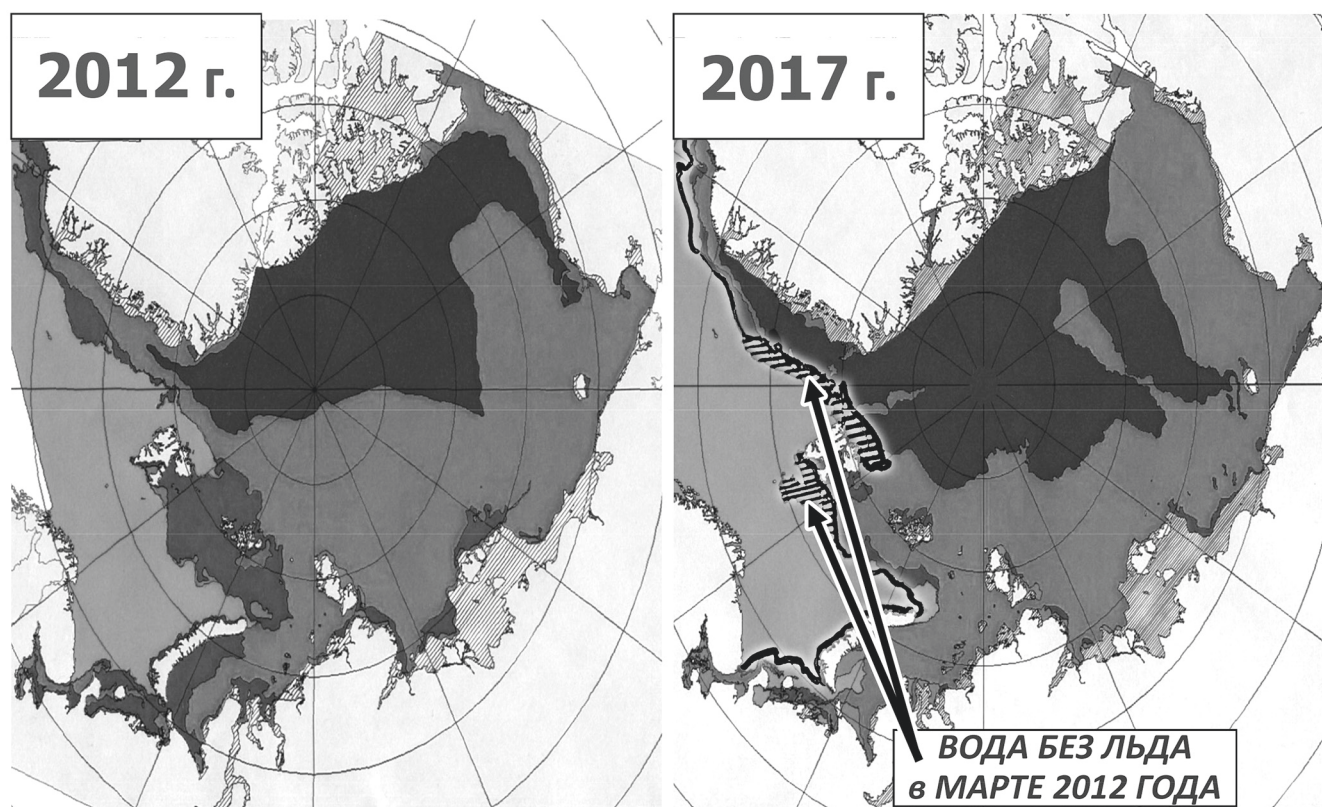


Рис. 8. Ледовая обстановка в Арктике в середине марта в 2012 и 2017 гг. [14].

Fig. 8. Ice situation in the Arctic in middle March 2012 and 2017 [14].

Проанализировав многолетние годовые, сезонные, месячные данные наблюдений и учитывая совокупность гидрометеорологических условий на территории Приазовья и в акватории Таганрогского залива, можно сделать ряд выводов. Режим ледостава в Таганрогском заливе – важный индикатор предстоящей весенне-летней погоды в степной зоне Приазовья. Систематизация агроклиматической информации от времени сбора урожая до новых всходов о термическом режиме и режиме увлажнения в течение периода вегетации позволила установить, что это важные прогностические маркеры урожайности и общего сбора зерновых культур. Также значимым является число ледоставов за сезон (максимально их было до 3–5 за последние 15 лет (табл. 1)), что косвенно указывает на большое количество чередований морозов и оттепелей или стабильные зимние условия (при однократном замерзании).

В XXI веке зимы со льдом в Таганрогском заливе длились в среднем 52 дня. Максимум продолжительности периода со льдом (74 дня) зафиксирован зимой 2016–2017 гг. Обычно азовский лед сходит в феврале, но в отдельные годы, после холодных

зим, лед дрейфовал по акватории Азовского моря до конца марта [23].

Для климата типична внутривековая цикличность, но не стоит ждать от нее четкости, как у часового механизма. Сравнивая погодные условия и динамику урожаев озимой пшеницы в Ростовской области за последние 15 лет, можно предварительно выделить 3 группы ситуаций: с низким (рис. 4), средним (рис. 5) и высоким (рис. 6) валовым сбором. В группу с высоким валовым сбором озимой пшеницы попадают годы с умеренной или относительно теплой зимой (рис. 6), нежаркой (в мае в среднем около 17 °С) весной и достаточным увлажнением в зимне-весенний сезон (сумма атмосферных осадков в мае от 60 мм). Максимальный валовый сбор озимой пшеницы в Ростовской области (10,872 млн т) был отмечен в 2017 г. В группу со средними урожаями попадают годы, в которые был недостаток/избыток какого-либо агроклиматического фактора на фоне зачастую нестабильной зимней погоды с чередованием морозов и оттепелей (рис. 5). В группу с низким валовым сбором озимой пшеницы попадают годы с экстремальными агроклиматическими условиями (рис. 4): очень

теплый зимне-весенний период с недостаточным увлажнением в 2007 г. (сумма осадков в мае 10,3 мм), суровые зимы (2006 и 2012 гг.) с жаркой погодой в мае, а также 2005 и 2013 гг. с недостаточным увлажнением и жаркой погодой в мае (в среднем 22 °С, максимумы до 38 °С). В целом в годы с высокими температурами и малым количеством осадков отмечалась низкая урожайность озимой пшеницы. Методом аналогов определено, что сходным с текущим годом по динамике температурного режима и осадков в осенне-зимний период является холодный сезон 2006–2007 гг. Этот факт, а также наблюдающееся маловодье может говорить о том, что урожайность озимой пшеницы в 2020 г., вероятно, будет невысокой.

В конце XIX века климатолог А.И. Воейков, анализируя связь ветра с давлением, пришел к базовым выводам о развитии большой оси Европейско-Азиатского материка [24]. Сибирский антициклон

с отрогом, вытянутым на Европу, стали называть осью Воейкова. Эта климатическая ось возникает как ветрораздел, отделяющий ветры с южной составляющей (к северу от оси) от ветров с северной составляющей (к югу от оси). В результате зимой происходит аномальная адвекция холода Сибирского антициклона к Пиренеям и тепла Гольфстрима в Арктику, в направлении Земли Франца-Иосифа (рис. 9б).

В дальнейшем условия атмосферной циркуляции над Северным полушарием были детально изучены Б.Л. Дзердзеевским с соавторами [25], Г.Я. Вангенгеймом [26], А.А. Гирсом [27]. Разработано несколько типизаций макросиноптических процессов на сходной методической основе (зональные и меридиональные переносы с набором подтипов). Стационарирование блокирующего антициклона приводит к выхолаживанию приземного слоя атмосферы над материком, а восточный пере-



Рис. 9. Экстремальная зима 2012 г. на юге России (а) и в Европе (б).

Fig. 9. Extreme winter 2012 in the south of Russia (a) and in Europe (b).

нос препятствует отепляющему воздействию южных морей [22].

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать общий вывод в том, что нельзя политизировать физико-географические процессы в Северном полушарии, опираясь на отдельные локальные наблюдения и мнимую глобальность антропогенных явлений. Хорошо изученные Азово-Черноморский бассейн и бассейн Баренцева моря зимой фактически климатические антиподы. В случаях развития оси Воейкова – зоны высокого давления, вытянутой в сторону Пиреней – Азовское море отрезается от тепла Гольфстрима, тогда как

в Западную Арктику тепло поступает с избытком. Этот установленный факт требует целенаправленных исследований. Необходимо оперативно отслеживать гидрологические и атмосферные аномалии, развивать систему оценок вероятности их проявления на основе общедоступных баз данных многолетних климатических наблюдений, которые, в свою очередь, нужно расширять и систематизировать.

Работа выполнена в рамках госзадания ЮНЦ РАН, № госрегистрации ААА-А-А18-118122790121-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Панов Д.Г. 1963. *Морфология дна мирового океана*. М. – Л., изд-во Академии наук СССР: 228 с.
- Котляков В.М., Комарова А.И. 2007. *География. Понятия и термины*. М., Наука: 859 с.
- Матишов Г.Г. 1984. *Дно океана в ледниковый период*. Л., Наука: 176 с.
- Матишов Г.Г. 1982. Об океаническом перигляциале. *Океанология*. 22(2): 246–253.
- Матишов Г.Г. 1987. *Мировой океан и оледенение Земли*. М., Мысль: 270 с.
- Зейболд Е., Бергер В. 1984. *Дно океана. Введение в морскую геологию*. М., Мир: 320 с.
- Шопф Т. 1982. *Палеоокеанология*. М., Мир: 311 с.
- Дрейк Ч., Имбри Дж., Кнаус Дж., Турекиан К. 1982. *Океан сам по себе и для нас*. М., Прогресс: 473 с.
- Матишов Г.Г. 1978. Геоморфология дна и некоторые особенности гляциального морфогенеза подводной окраины Западного Шпицбергена. *Океанология*. 18(2): 255–262.
- Головин П.Н., Антипов Н.Н., Клепиков А.В. 2018. Особенности стока плотных вод в глубоководной части Антарктического материкового склона (на примере моря Содружества). *Метеорология и гидрология*. 12: 81–93.
- Волков В.А., Мушта А.В., Демчев Д.М. 2019. Закономерности изменения крупномасштабной структуры поля дрейфа морского льда в Северном Ледовитом океане (на основе спутниковых данных 1978–2017 гг.). *Доклады Академии наук*. 488(4): 439–442. doi: 10.31857/S0869-56524884439-442
- Matishov G.G., Berdnikov S.V., Zhichkin A.P., Dzhenyuk S.L., Smolyar I.V., Kulygin V.V., Yaitskaya N.A., Povazhnyi V.V., Sheverdyayev I.V., Kumpan S.V., Tretyakova I.A., Tsygankova A.E., D'yakov N.N., Fomin V.V., Klochkov D.N., Shatohin B.M., Plotnikov V.V., Vakulskaya N.M., Luchin V.A., Kruts A.A. 2014. *Atlas of Climatic Changes in Nine Large Marine Ecosystems of the Northern Hemisphere (1827–2013)*. NOAA Atlas NESDIS 78. Silver Spring, MD, National Oceanographic Data Center: 131 p. doi: 10.7289/V5Q52MK5
- Parkinson C.L., Comiso J.C., Zwally H.J., Cavalieri D.J., Gloersen P., Campbell W.J. 1987. *Arctic sea ice 1973–1976: satellite passive-microwave observations*. NASA SP: 489. Washington DC, National Aeronautics and Space Administration: 296 p.
- Официальный сайт Арктического и антарктического научно-исследовательского института. URL: <http://www.aari.ru/> (дата обращения: 10.12.2019).
- Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru> (дата обращения: 12.12.2019).
- Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://showdata.gks.ru> (дата обращения: 19.12.2019).
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. 1990. Л., Гидрометеиздат: 279 с.
- Привальный В.Е. 1985. *Климатическая изменчивость (стохастические модели, предсказуемость, спектры)*. М., Наука: 156 с.
- Зубов Н.Н. 1945. *Льды Арктики*. М., изд-во Главсевморпути: 360 с.
- Матишов Г.Г., Денисов В.В. 1999. *Экосистемы и промысловые биоресурсы европейских морей России на рубеже XX и XXI веков*. Мурманск, МИП-999: 124 с.
- Ярагина Н.А., Альбицкая Л.К., Лебедь Л.И., Лукманов Э.Г. 1996. Особенности распределения трески в Баренцевом море и основные тенденции развития отечественного промысла в 1989–1994 гг. В кн.: *Атлантическая треска: биология, экология, промысел*. СПб., Наука: 164–181.
- Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Моисеев Д.В., Жичкин А.П. 2014. О природе крупных гидрометеорологических аномалий в арктических и южных морях России. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 1: 36–46.
- Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В., Чикина Л.Г. 2014. Ледовый режим Азовского моря и климат в начале XXI века. *Доклады Академии наук*. 457(5): 603–607. doi: 10.7868/S0869565214230200
- Воейков А.И. 1884. *Климаты земного шара, в особенности России*. СПб., Картографическое заведение А. Ильина: 640 с.
- Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. 1946. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. В кн.:

Труды научно-исследовательского учреждения Главного управления гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. Вып. 21: Центральный институт прогнозов. М. – Л., Гидрометеиздат: 1–80.

26. Вангенгейм Г.Я. 1940. Долгосрочный прогноз температуры и вскрытия рек. В кн.: Труды Государственного гидрологического института. Вып. 10. Л., Гидрометеиздат: 207–236.
27. Гирс А.А. 1971. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгопериодные метеорологические процессы. Л., Гидрометеиздат: 480 с.

REFERENCES

1. Panov D.G. 1963. *Morfologiya dna mirovogo okeana*. [Morphology of the bottom of the oceans]. Moscow – Leningrad, USSR Academy of Sciences: 228 p. (In Russian).
2. Kotlyakov V.M., Komarova A.I. 2007. *Geografiya. Ponyatiya i terminy*. [Geography. Concepts and terms]. Moscow, Nauka: 859 p. (In Russian).
3. Matishov G.G. 1984. *Dno okeana v lednikovyy period*. [The Ocean floor during the Ice Age]. Leningrad, Nauka: 176 p. (In Russian).
4. Matishov G.G. 1982. [About oceanic periglacial]. *Okeanologiya*. 22(2): 246–253. (In Russian).
5. Matishov G.G. 1987. *Mirovoy okean i oledenenie Zemli*. [World Ocean and the glaciation of the Earth]. Moscow, Mysl': 270 p. (In Russian).
6. Seibold E., Berger W.H. 1982. *The sea floor, an introduction to marine geology*. Berlin, Heidelberg, GmbH, Springer-Verlag: 288 p.
7. Schopf Th.J.M. 1980. *Paleoceanography*. Cambridge, MA, Harvard University Press: 341 p.
8. Drake Ch., Imbrie J., Knauss J., Turekian K. 1978. *Oceanography*. New York, Holt, Rinehart and Winston: 447 p.
9. Matishov G.G. 1978. [Bottom geomorphology and some glacial morphogenetic peculiarities of West Spitsbergen underwater margin]. *Oceanology*. 18(2): 255–262.
10. Golovin P.N., Antipov N.N., Klepikov A.V. 2018. Peculiarities of dense water cascading off the deep part of Antarctic Continental Slope (a case study for the Commonwealth Sea). *Russian Meteorology and Hydrology*. 43(12): 852–861. doi: 10.3103/S1068373918120063
11. Volkov V.A., Mushta A.V., Demchev D.M. 2019. Regularities of the variability of large-scale sea ice drift structures in the Arctic Ocean (based on satellite data, 1978–2017). *Doklady Earth Sciences*. 488(2): 1190–1192. doi: 10.1134/S1028334X1910009X
12. Matishov G.G., Berdnikov S.V., Zhichkin A.P., Dzhenyuk S.L., Smolyar I.V., Kulygin V.V., Yaitskaya N.A., Povazhnyi V.V., Sheverdyayev I.V., Kumpan S.V., Tretyakova I.A., Tsygankova A.E., D'yakov N.N., Fomin V.V., Klochkov D.N., Shatohin B.M., Plotnikov V.V., Vakulskaya N.M., Luchin V.A., Kruts A.A. 2014. *Atlas of Climatic Changes in Nine Large Marine Ecosystems of the Northern Hemisphere (1827–2013)*. NOAA Atlas NESDIS 78. Silver Spring, MD, National Oceanographic Data Center: 131 p. doi: 10.7289/V5Q52MK5
13. Parkinson C.L., Comiso J.C., Zwally H.J., Cavalieri D.J., Gloersen P., Campbell W.J. 1987. *Arctic sea ice 1973–1976: satellite passive-microwave observations*. NASA SP: 489. Washington DC, National Aeronautics and Space Administration: 296 p.
14. The Official website of the Arctic and Antarctic Research Institute. Available at: <http://www.aari.ru> (accessed 10 December 2019). (In Russian).
15. *Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut gidrometeorologicheskoy informatsii – Mirovoy tsentr dannykh*. [All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center]. Available at: <https://meteo.ru> (accessed 12 December 2019). (In Russian).
16. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki*. [Federal State Statistics Service]. Available at: <https://showdata.gks.ru> (accessed 19 December 2019). (In Russian).
17. *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morey SSSR. T. 1. Barentsevo more. Vyp. 1. Hidrometeorologicheskiye usloviya*. [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Vol. 1. Barents Sea. Iss. 1. Hydrometeorological conditions]. 1990. Leningrad, Gidrometeoizdat: 279 p. (In Russian).
18. Privalsky V.E. 1985. *Klimaticheskaya izmenchivost' (stokhasticheskie modeli, predskazuemost', spektry)*. [Climatic variability (stochastic models, predictability, spectra)]. Moscow, Nauka: 156 p. (In Russian).
19. Zubov N.N. 1945. *L'dy Arktiki*. [Arctic Ice]. Moscow, Glavsevmorput': 360 p. (In Russian).
20. Matishov G.G., Denisov V.V. 1999. *Ekosistemy i promyslovye bioresursy evropeyskikh morey Rossii na rubezhe XX i XXI vekov*. [Ecosystems and fishery bioresources of the European seas of Russia at the turn of the 20th and 21st centuries]. Murmansk, MIP-999: 124 p. (In Russian).
21. Yaragina N.A., Albikovskaya L.K., Lebed L.I., Lukmanov E.G. 1996. [Features of the distribution of cod in the Barents Sea and the main trends in the development of domestic fishing in 1989–1994]. In: *Atlanticheskaya treska: biologiya, ekologiya, promysel*. [Atlantic cod: biology, ecology, fishing]. St Petersburg, Nauka: 164–181. (In Russian).
22. Matishov G.G., Dzhenyuk S.L., Moiseev D.V., Zhichkin A.P. 2014. [On the nature of large hydrometeorological anomalies in the West Arctic and the southern seas of Russia]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 1: 36–46. (In Russian).
23. Matishov G.G., Chikin A.L., Dashkevich L.V., Kulygin V.V., Chikina L.G. 2014. The ice regime of the Sea of Azov and climate in the early 21st century. *Doklady Earth Sciences*. 457(2): 1020–1024. doi: 10.1134/S1028334X14080133
24. Voeikov A.I. 1884. *Klimaty zemnogo shara, v osobennosti Rossii*. [Climates of the globe, especially Russia]. St Petersburg, Cartographic Institution of A. Ilyin: 640 p. (In Russian).
25. Dzerdzeevsky B.L., Kurganskaya V.M., Vitvitskaya Z.M. 1946. [Typing of circulation mechanisms in the Northern Hemisphere and characteristic of synoptic seasons]. In: *Trudy nauchno-issledovatel'skogo uchrezhdeniya Glavnogo upravleniya gidrometeorologicheskoy sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Ser. 2. Sinopticheskaya meteorologiya. Vyp. 21: Tsentral'nyy institut prognozov*. [Proceedings of the Research Institution of the Main Directorate of Hydrometeorological Service under the Council of Ministers of the USSR. Ser. 2. Synoptic meteorology. Vol. 21: Central Institute of Forecasts]. Moscow – Leningrad, Gidrometeoizdat: 1–80. (In Russian).

26. Wangenheim G.Ya. 1940. [Long-term forecast of temperature and river opening]. In: *Trudy Gosudarstvennogo gidrologicheskogo instituta. Vyp. 10.* [Proceedings of the State Hydrological Institute. Vol. 10]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 207–236. (In Russian).
27. Girs A.A. 1971. *Mnogoletnie kolebaniya atmosfery tsirkulyatsii i dolgoperiodnye meteorologicheskie protsessy.* [Long-term fluctuations in atmospheric circulation and long-period meteorological processes.] Leningrad, Gidrometeoizdat: 480 p. (In Russian).

Поступила 27.03.2020