

8 КАМЧАТСКИЙ КРАЙ. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ, ОБЩЕСТВЕННОЕ ВОСПРИЯТИЕ ИЗМЕНЕНИЙ И ОТКЛИК ЭКОСИСТЕМ

Ольга Черныгина, Вадим Кириченко

Введение

Камчатский край – обширная административная территория России площадью 472 300 км² на северо-востоке Азии. Располагается на полуострове Камчатка и прилегающей части материка, в состав края входят крупные острова в Беринговом море – о. Беринга, о. Медный, о. Карагинский. Административный центр – г. Петропавловск-Камчатский на юге полуострова (рис. 1).



Рис. 1. Населенные пункты и местоположение Камчатского края.

Население около 300 000 тысяч человек. Городское население более 75%. В северной части полуострова и в материковых районах края проживает менее 19 тыс. человек. Коренное население – коряки, чукчи, ительмены, эвены, алеуты.

Климат Камчатского края и тенденции его изменения в последние десятилетия были предметом исследования и обсуждения как в научных работах, так и в обзорах государственных и природоохранных организаций. Анализ опубликованных данных и свидетельства жителей территории не позволяют с уверенностью утверждать, что изменения климата уже ощутимо сказываются на хозяйственной деятельности и экономике Камчатского края. Но появились факты, которые свидетельствуют о начале изменений в экосистемах и необходимо именно сейчас организовать постановку мониторинга, чтобы иметь сравнительный материал при развитии этих процессов и для прогнозирования процессов изменений.

В настоящей работе мы обобщаем и визуализируем опубликованные данные о климате Камчатского края и тенденциях его изменения, приводим мнения жителей территории о наблюдаемых последствиях изменений климата (опросы летом и осенью 2021 г.) и систематизируем накопленные научные материалы об изменениях в экосистемах Камчатского края.

Климатические особенности Камчатского края

Начало эпизодических метеорологических наблюдений на полуострове Камчатка относится к первой половине XIX столетия. Это было время первых исследовательских экспедиций и наблюдения проводились нерегулярно. Постоянные метеорологические наблюдения начаты в Петропавловске-Камчатском в августе 1890 г., когда в городе была организована метеорологическая станция, действующая до настоящего времени (Виноградов и др. 1990).

С тех пор, на протяжении 20-го века, произошло множество изменений. В советское время количество метеостанций выросло с 11 до 30 (1939 г.) и к 1970 году метеорологическая сеть Камчатки насчитывала 47 станций и 31 пост. В 1934 г. начало работать Камчатское управление гидрометеослужбы, продолжающее свою деятельность по сегодняшний день. После развала СССР в 1991 г. метеорологическая сеть была значительно реорганизована и на сегодняшний день составляет 37 станций и 87 постов, из которых 21 станция входит в состав сети Всемирной метеорологической организации (ВМО) (рис. 2).

Одним из основных недостатков метеорологической сети Камчатки является преимущественное расположение станций на побережье и в долинах крупных рек и отсутствие их в горах; очень слабо представлены метеорологические данные северной и материковой частей Камчатского края (рис. 2)



Рис. 2. Метеостанции, включенные в сеть ВМО.

Первые общие характеристики климата полуострова Камчатка были получены еще в конце 19-го – начале 20-ого веков. Несмотря на отсутствие надежных и систематических наблюдений, авторы этих характеристик, совершенно правильно указывают на различие климатических условий на восточном и западном побережьях и дают объяснение причин, их вызывающих. Также они впервые делают вывод о том, что Камчатка не принадлежит к области муссонов (Слюнин 1900; Власов 1916). В последующий, более чем полувековой, период было предпринято достаточно много попыток описания климатических особенностей Камчатки как территории (Метеорологические..., 1966; Агалаков 1967, 1973). Но все они остались достаточно ограниченными ввиду слабой развитости сети наблюдений и достаточно краткой их периодичности на большей части полуострова (Виноградов и др. 1990).

Впервые достаточно полное описание климатообразующих факторов и климатических особенностей территории Камчатского края выполнил В.И. Кондратюк в книге «Климат Камчатки» (1974). В работе впервые обобщен весь накопленный материал по метеорологическим наблюдениям предшественников, приведено климатическое районирование, выделены и достаточно подробно описаны климатические районы (рис. 3).

В соответствии с этим описанием, климатические условия Камчаткой области весьма разнообразны, что обусловлено воздействием окружающих п-ов Камчатка обширных водных пространств Тихого океана, Берингова и Охотского морей. Большое влияние на климат оказывают активная циклоническая деятельность и сложный рельеф местности (рис. 3). Из климатообразующих факторов здесь преобладают циркуляционные процессы, в то время как роль солнечной радиации и влагооборота сказываются в значительно меньшей степени.

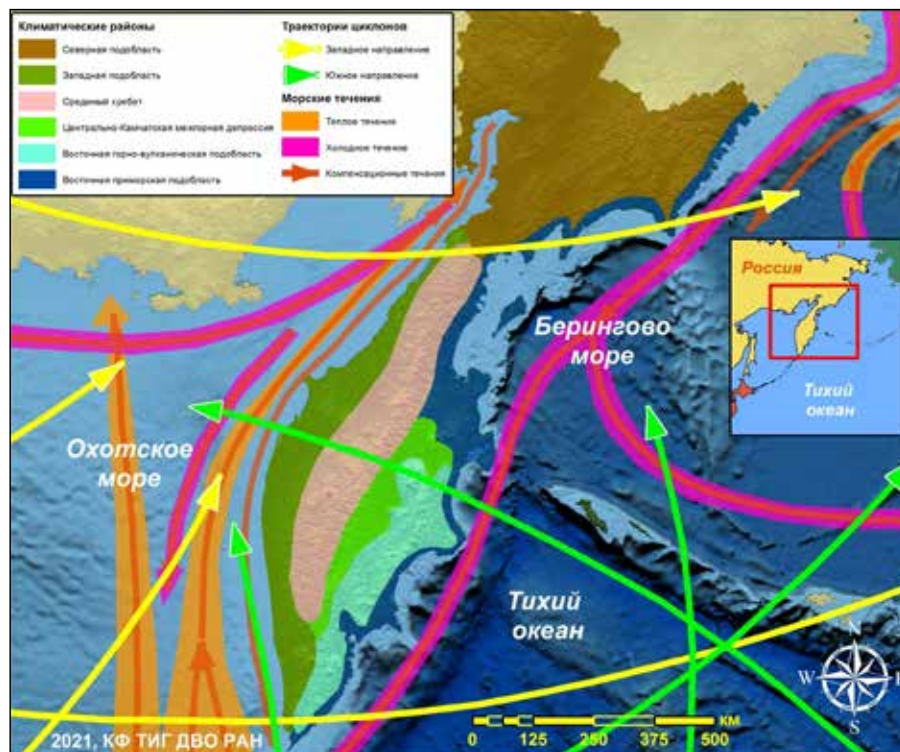


Рис. 3. Основные климатообразующие факторы и климатическое районирование Камчатского края.

Горные хребты Срединный и Восточный, вытянувшиеся в северо-северо-восточном направлении, представляют собой естественные барьеры на пути воздушных масс и обуславливают своеобразные климатические особенности внутри ограждаемых ими районов.

В зимний период на большей части территории преобладает холодный арктический и морской умеренный воздух. В центральных частях п-ова Камчатка эти воздушные массы трансформируются в умеренный континентальный воздух. Частая смена воздушных масс, активная циклоническая деятельность

и одновременное влияние разнородных воздушных масс на различные районы области обуславливают зимой неоднородную и неустойчивую погоду: зима характеризуется резкими перепадами давления, сильными ветрами, частыми и продолжительными метелями.

В теплый период на рассматриваемой территории преобладает морской умеренный воздух, который в долине р. Камчатки трансформируется в континентальный умеренный. Соответственно для теплого периода характерна более устойчивая и однородная погода.

В центральных районах полуострова Камчатка преобладает радиационный режим погоды – ясно, тихо, холодно. Лето вблизи морского побережья сравнительно холодное, пасмурное, с частыми и продолжительными морозящими дождями и туманами, а в центральной части полуострова – довольно теплое. Нередки грозы и ливневые дожди.

Радиационный баланс

Радиационный баланс определяет величину и знак теплового потока в воздухе и почве, а также суточный ход испарения и конденсации. Период с положительным радиационным балансом на территории длится 6-7 месяцев. Переход радиационного баланса от отрицательного к положительному происходит в начале апреля. Смена знака радиационного баланса осенью отмечается во второй декаде октября.

В целом по территории недостаток тепла, наряду с большим количеством осадков, вызывает избыточное увлажнение в районах, где поверхностный сток затруднен, т.е. на пониженных и равнинных участках местности.

Температурный режим

Температурный режим обуславливается характером атмосферной циркуляции, приходом и расходом солнечной радиации, близостью водных бассейнов и рельефом местности. Благодаря различному тепловому воздействию Охотского и Берингова морей, температура воздуха на восточном побережье в холодный период значительно выше, чем на западном. С удалением от побережий влияние моря ослабевает. На всей территории в течение зимы наблюдаются оттепели.

Наиболее суровый климат характерен для материковой северо-западной части территории. Абсолютный минимум температуры здесь снижается до $(-64)^{\circ}\text{C}$ (с. Верхне-Пенжино). Летом наиболее высокие температуры на побережье и островах наблюдаются в августе, а в центральной части полуострова – в июле. Продолжительность периода с температурой выше 20°C колеблется от 1-6 дней на западном побережье, до 35-55 дней – в долине р. Камчатки.

Положительная среднесуточная температура воздуха устанавливается в конце апреля или в первых числах мая и удерживается в течение 160-220 дней. Среднегодовая температура воздуха региона колеблется от $-8,5^{\circ}\text{C}$ до 1°C . Нередки для данной территории заморозки. На юго-восточном побережье они в среднем прекращаются в конце мая, а на западном побережье – в середине июня.

Осадки

Основным климатообразующим процессом на Камчатке, как указывалось выше, является циркуляция атмосферы. Поэтому осадки здесь имеют преимущественно фронтальный характер. Циклоническая деятельность наиболее интенсивна в течение всего года на юге полуострова; к северу она значительно ослабевает. Распределение осадков по территории зависит от высоты местности и удаленности от морских побережий. На склонах гор, обращенных в сторону моря, осадков выпадает больше, чем на подветренных склонах и в защищенных долинах рек.

Наибольшее количество осадков выпадает на юге области (1000-1600 мм) и в высокогорных районах 3000-4000 мм (абсолютные отметки свыше 1200 м). С юга на север годовая сумма осадков уменьшается с 1000-1500 мм до 800-900 мм на восточном и с 750-1000 мм до 400-500 мм на западном побережье. Количество их уменьшается также от побережий в глубь полуострова. Так в долине р. Камчатки количество осадков за год составляет 300-700 мм, а в ее центральной части уменьшается до 100 мм. На восточном побережье осадков выпадает значительно больше, чем на западном.

В холодный период (ноябрь-апрель) наибольшее количество осадков (более 1000 мм) выпадает на юго-восточных склонах. В целом на восточном побережье суммы осадков за холодный период уменьшаются от 800 мм на юге до 400 мм на севере. На прибрежных равнинах, защищенных от приносящих влагу восточных ветров, количество осадков минимально – 200-250 мм. На западном побережье суммы осадков уменьшаются с юга (500-600 мм) на север (150 мм).

В теплый период (май-октябрь) неоднородность в распределении осадков по территории хотя и сохраняется, но существенно меньше. На восточном побережье количество осадков изменяется от 700-800 мм на юге до 300-400 мм на севере. На защищенных прибрежных равнинах, как и в холодный период, оно меньше – 250-300 мм. На западном побережье осадки составляют 400-500 мм, их количество возрастает с севера на юг. Наименьшее количество осадков в центральной части долины р. Камчатки (около 200 мм). На крайнем юге полуострова в теплый и холодный периоды выпадает одинаковое количество осадков.

Снежный покров

Особенностью климата региона является продолжительная зима и толстый снежный покров. Зима длится до семи месяцев. Даты появления снежного покрова из года в год колеблются в пределах 15-20 дней и близки к осенней дате перехода температуры воздуха через ноль. Так в годы с тёплой осенью снежный покров на севере появляется в конце октября. В годы с ранней зимой снежный покров появляется в первой декаде октября. Устойчивый снежный покров образуется через одну-две недели после появления первого снега. Распределение снежного покрова по территории неравномерное. На открытых участках высота его составляет 30-60 см, в горных районах значительно больше. В целом высота снежного покрова варьирует от 26 см до 113 см. Разрушение устойчивого снежного покрова в регионе начинается в конце апреля и продолжается до конца мая, и заканчивается в холодные годы в первой декаде июня. Наибольшая плотность снега наблюдается на побережьях, чему способствуют оттепели и сильные ветры. Максимальная плотность снега изменяется от 0,26 до 0,46 г/см³. Наибольшие запасы воды в снеге зависят от высоты местности, её защищённости, расчленённости поверхности и удаленности. Максимальные запасы воды в снеге в долине р. Пенжины варьируются в пределах 68-165 мм, на побережье – 123-406 мм.

Ветер

Режим ветра на Камчатке обуславливается чрезвычайно изменчивой и весьма неоднородной атмосферной циркуляцией, и рельефом местности. Естественно, он неоднороден и изменчив от сезона к сезону и из года в год. Направление ветра над всей рассматриваемой территорией испытывает сезонные изменения. В холодный период на большей части территории преобладают ветры северной четверти, в тёплый – южной. В холодный период северная материковая часть находится под влиянием колымского гребня, ориентированного на северо-восток. Изобары, как правило, проходят параллельно беринговоморскому побережью. Барические градиенты во внутренних районах невелики и резко увеличиваются в направлении побережья, которое чаще всего оказывается под влиянием северной периферии стационарирующих в Беринговом море циклонов. Совершенно очевидно, что здесь преобладают северо-восточные ветры. Влияние орографии сказывается на преобладающем направлении ветра. В долинах, ориентированных меридионально, увеличивается повторяемость северных и северо-западных ветров, а в долинах, ориентированных широтно, – восточных. На Корякском побережье преобладающими являются северо-восточные ветры. В тёплый период происходит полная перестройка термобарического поля, меняются и преобладающие направления ветров на большей части территории.

Летом здесь развивается сравнительно активная циклоническая деятельность, преобладают юго-западные и западные ветры – ветры южной периферии неглубоких низких циклонов термического происхождения, смещающихся преимущественно с запада на восток. В переходные сезоны режим ветра носит черты предыдущего сезона. Средняя годовая скорость ветра на территории изменяется от 1-2 м/с во внутренних районах, до 5-7 м/с в западном и 7-10 м/с в восточном. Годовой ход скорости ветра неодинаков в различных районах территории. Наиболее чётко (с зимним максимумом и летним минимумом) он выражен на восточном побережье, где зимнее усиление скорости ветра, обусловленное циркуляционными процессами, весьма значительно. На участке между бухтами Корфа и Натальи увеличение скорости ветра зимой обуславливается наряду с циркуляцией атмосферы местными факторами, в результате чего образуется местный ветер – бора (авьявей). Во внутренних районах годовой ход скорости ветра выражен слабо. Наибольшие скорости ветра наблюдаются на мысах восточного побережья – до 40 м/с и более и до 34 м/с в долине р. Пенжина.

В 20-м веке для территории Камчатского края был накоплен обширный и достоверный гидрометеорологический материал, но аналитические работы практически отсутствовали. Современные обзоры и публикации начали появляться лишь в 21-м веке (Материалы ... 2005; Груза, Ранькова 2012; Бирман, Бережная 2014; Кокорин и др. 2013; Шкаберда, 2013; Шкаберда 2014 и др.). Современные тенденции изменения климата Камчатки выявлены в обобщающей работе О.А. Шкаберды (2015), климатические риски показаны в Докладе Росгидромета (2017) и обзоре WWF (Камчатский край ... 2020)

Сезонная многолетняя динамика климатических показателей

Приземный ветер

Особенности ветрового режима Камчатки обусловлены сложной циркуляцией, рельефом местности, большой протяженностью с севера на юг и близостью больших водных пространств (рис. 3). Самые значительные среднегодовые скорости ветра характерны для крайнего юга полуострова (9,2 м/с). На западном побережье полуострова средняя годовая скорость составляет от 3 до 4,7 м/с, на восточном – от 3,5 до 4,6 м/с, на севере -4,3 м/с (рис. 4).

Сезонные особенности распределения средних многолетних скоростей ветра таковы: на севере, на восточном побережье и мысе Лопатка скорости значительны в холодный сезон (с ноября по март), с апреля ветер ослабевает и самые небольшие скорости отмечаются в июне - сентябре. На западном побережье и в долине р. Камчатка годовой ход средней скорости ровный, за исключением незначительного увеличения в октябре-ноябре и апреле (Шкаберда 2015).

За последние десятилетия (1951-2011 гг.) в среднегодовых скоростях ветра на полуострове, за исключением восточного побережья, проявляется статистически значимый отрицательный тренд. В многолетнем ходе годовых скоростей ветра на полуострове выявлено 4 типа изменения средней скорости ветра (рис. 4) (Шкаберда 2015):

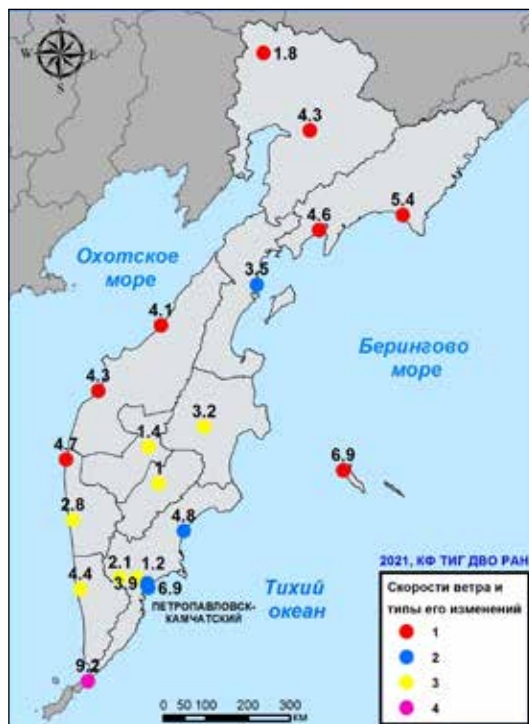


Рис. 4. Средние скорости ветра и типы изменения средней скорости ветра.

1 тип: характеризуется неуклонным уменьшением среднедекадных скоростей на 0,2-0,6 м/с от декады к декаде. Такое изменение отличает все северо-западное побережье, крайний северо-восток полуострова и о. Беринга.

2 тип: в первые 25 лет наблюдается уменьшение средней скорости на 0,1-0,3 м/с, в следующее десятилетие (1991-2000 гг.) ощутимое повышение скорости на 0,3-0,4 м/с, а затем вновь понижение. К этому типу относится динамика скорости ветра на восточном побережье.

3 тип: незначительное увеличение скорости в 1971-1980 гг. на 0,2 м/с, после этого на протяжении десятилетий уменьшение скорости на 0,4-1 м/с. Такой характер изменения скорости ветра наблюдается на юго-западе и в южных внутренних районах полуострова.

4 тип: уменьшение скорости во второй декаде на 1,3 м/с., затем увеличение на 0,6 м/с. А за последние 20 лет – уменьшение на 1,8 м/с. Подобная картина наблюдается на крайнем юге Камчатки (Шкаберда 2014; 2015).

Температура воздуха (ТВ)

С 1976 года увеличение среднегодовой ТВ в крае составило примерно $1,5^{\circ}\text{C}$, что соответствует среднему по России (рис.5). Особенностью полуострова Камчатки является равномерный характер потепления, охватывающего все сезоны года. Иная ситуация сложилась в северной части края, где зимняя ТВ сильно понизилась (более чем на 2°C). Это является рекордом сезонного похолодания среди всех регионов России (Кокорин и др. 2013).

По наблюдениям на метеостанции Петропавловский маяк (рис.5) можно увидеть, что рост среднегодовой ТВ существенен, но меньше амплитуды межгодовых колебаний. Средняя ТВ за 1961-1990 гг. равнялась $+1^{\circ}\text{C}$, а в 2005 - 2010 гг. она в среднем поднялась на $+2^{\circ}\text{C}$. Линейный тренд за 1976-2010 гг. составляет $0,36^{\circ}\text{C}/10$ лет.



Рис.5 Отклонение среднегодовой температуры на ст. Петропавловский маяк от средней за 1961-1990 гг. (Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии, по: Кокорин 2013).

Если рассматривать среднегодовую ТВ помесечно, в целом для территории Камчатского края (Кокорин и др. 2013), то можно выделить целый ряд закономерностей, представленных в следующей таблице 1:

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Значение	-5	0 - +1,5	+2 - +5	+1 - +4	-1	+1 - +1,5	+1,5 - +2	+1,5 - +2	+1,5 - +2	+1 - +4	+2 - +6	+1,5 - +3 -
Направ- ление			SE ➤ N	S ➤ N						S ➤ N	S ➤ N	NE ➤ SW

Таблица 1. Изменения среднемесячных температур
– линейный тренд (1976-2018 гг.) ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), умноженный на число лет.

Более подробные исследования пространственно-временного распределения ТВ по территории Камчатки (Шкаберда 2013; 2015) показали, что за последние 60 лет средние многолетние годовые ТВ на полуострове, за исключением юго-восточного и южного побережья, являются отрицательными. В среднем в динамике годовых амплитуд они меняются от $-9,9^{\circ}\text{C}$ на севере, до $+1,6^{\circ}\text{C}$ – на юге (рис. 6), с отрицательной тенденцией (от 1°C – на севере до $5,5^{\circ}\text{C}$ – на юге). На западном и северо-восточном побережьях амплитуды уменьшились на $3,5^{\circ}\text{C}$. ТВ на юго-восточном побережье, за исключением июня-июля, выше по сравнению с юго-западным, особенно в зимние месяцы (на $6-7,5^{\circ}\text{C}$). Разница ТВ восток-запад уменьшилась на $0,9^{\circ}\text{C}$, что обусловлено большей скоростью потепления на западном побережье ($0,30^{\circ}\text{C}/10$ лет) по сравнению с восточным ($0,14^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Пространственно-временные особенности изменения годовой ТВ (рис. 6) таковы: более всего потеплело за последние 60 лет на западном побережье ($1,5^{\circ}\text{C}$), затем в долине р. Камчатка ($1,4^{\circ}\text{C}$), в горном и южном районах и на восточном побережье ($1,2^{\circ}\text{C}$), а менее всего – на крайнем юге ($0,8^{\circ}\text{C}$) и севере ($0,6^{\circ}\text{C}$).

Температурный меридиональный градиент равняется $0,5^{\circ}\text{C}$ на 100 км, что значительно ниже среднего по северному полушарию. Объясняется это влиянием морей, которые сглаживают термические контрасты между южными и северными районами.

Скорость повышения ТВ в теплое полугодие весьма невелика – от $0,15$ до $0,41^{\circ}\text{C}/10$ лет, а в холодное – она вдвое выше – от $0,43$ до $0,99^{\circ}\text{C}/10$ лет. Практически все выявленные линейные тренды статистически значимы за исключением сезонов осени и 1-ой половины зимы (в отдельных районах полуострова). Построенные карты-схемы (рис. 7) изменения стандартного отклонения (СКО) от первого тридцатилетия (1951-1980 гг.) ко второму (1981-2009 гг.) показывают направление изменчивости сезонных ТВ. Для годовых ТВ характерно уменьшение дисперсии в южной части полуострова, а увеличение – в центральной и северной частях. Значительное потепление во 2-ой половине зимы на Камчатке происходит на фоне межгодовой «стабилизации» сезонных ТВ, а летом и осенью наблюдаются незначительные темпы повышения ТВ на фоне увеличения экстремальности климата.

Ход аномалий годовой ТВ на Камчатке и по территории РФ синхронен. Единственное отличие состоит в том, что преобладание положительных аномалий по территории России приходится на середину 1970-х гг., а на Камчатке – на середину 1980-х гг. На фоне глобального потепления, наблюдаемого в Северном полушарии, темпы повышения ТВ по полушарию и на Камчатке одинаковы в самые теплые месяцы (июль-сентябрь). По сравнению со среднеполушарными медленнее температура повышается в декабре-январе (самое холодное время года), а интенсивнее – в феврале-июне и октябре-ноябре. Наибольшая скорость повышения ТВ на Камчатке наблюдается в марте, она составляет $0,57^{\circ}\text{C}/10$ лет, по полушарию в это время скорость также наибольшая, однако она в 3 раза меньше по сравнению с Камчаткой. Темпы повышения среднегодовой температуры на Камчатке ($0,235^{\circ}\text{C}/10$ лет) почти в два раза выше, чем в среднем по полушарию ($0,142^{\circ}\text{C}/10$) (Шкаберда 2013; 2015).

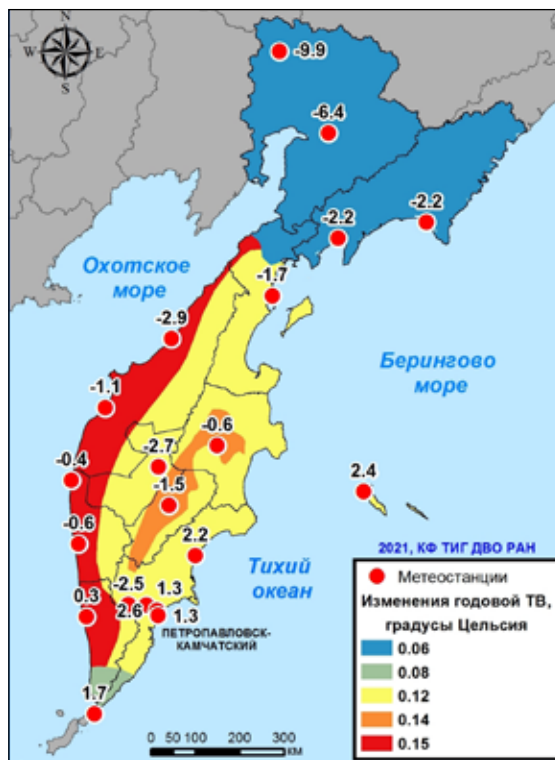


Рис. 6. Среднегодовые ТВ и районирование по темпам их изменения для территории Камчатского края.

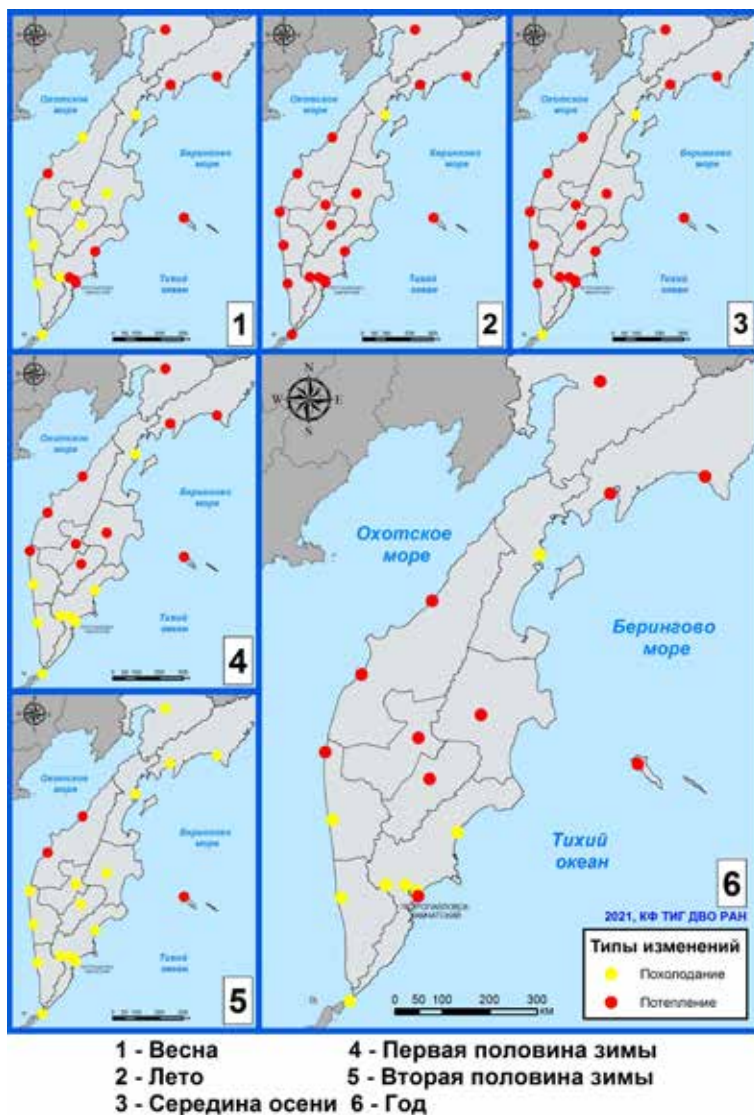


Рис. 7. Изменения СКО сезонных и годовых ТВ за последнее 30-летие (1981-2009 гг.) по сравнению с предыдущим (1951-1980 гг.) (источник: Шкаберда 2015).

Атмосферные осадки

Как указано выше, осадки связаны с циклоническими системами (рис. 3). Камчатка в течение года оказывается под влиянием около 100 циклонов. Огромную роль в распределении осадков играет орография исследуемой территории. Эти факторы проявляются в особенностях пространственного распределения атмосферных осадков. Метеостанция Петропавловский маяк: суммарное среднегодовое количество осадков за последние 35 лет не изменилось и осталось на уровне 75 мм/месяц (рис. 8).

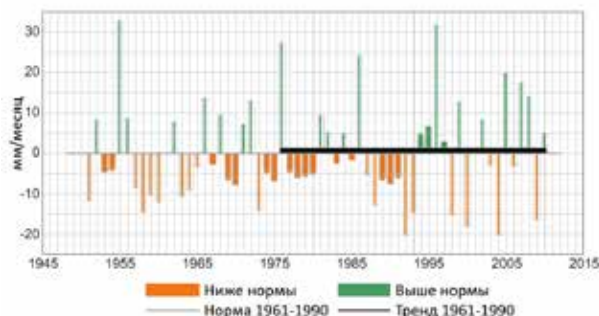


Рис. 8. Отклонение годового количества осадков на ст. Петропавловский маяк от нормы за 1961-1990 гг. (источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии, по: Кокорин и др. 2013)

Если рассматривать изменения годового количества осадков помесечно и в целом для территории Камчатского края (Кокорин и др. 2013), то можно выделить целый ряд закономерностей, представленных в таблице 2.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Значение	-15 – +15	-60	-60	-40	-60	-30 – 0	-20 – 0	0 – +40	-60	-60	0 – +60	0 – +60

Таблица 2. Изменения годового количества осадков – линейный тренд (1976-2018 гг.) (мм/10 лет), умноженный на число лет.

По проведенным более подробным расчетам (Шкаберда 2014; 2015) за 1956-2012 гг. годовое количество атмосферных осадков меняется зонально, увеличиваясь с севера на юг и азонально – увеличиваясь с высотой. На севере полуострова климатическая норма за последние 54 года составила от 300 до 530 мм. На западном побережье она меняется от 550 до 850 мм, на восточном - от 700 до 1200 мм. В горных районах «норма» составляет около 900 мм (но достоверных данных с этих территорий очень мало), а в долине р. Камчатка – более 400 мм, на самом юге полуострова – более 1000 мм (рис. 9).

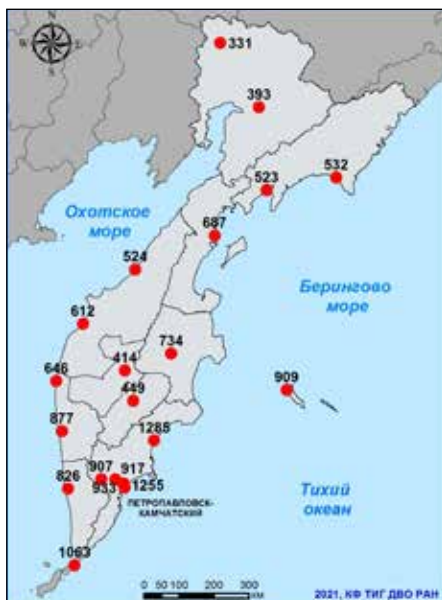


Рис. 9. Распределение среднегодовых сумм атмосферных осадков (мм) за 1956-2012 гг.

По результатам проведенного анализа (Шкаберда 2015) по сходству сезонного режима увлажнения, было выполнено районирование территории Камчатки (исключая горные районы). Были построены карты-схемы районов с одинаковыми циркуляционными условиями в теплое и холодное полугодия, а также за год (рис. 10). В этих районах одновременно наблюдается однородность многолетнего хода сезонных осадков. В холодное полугодие выделено 4 района и отдельно горные районы: крайний юг; западное побережье (за исключением северной части); восток, юго-восток; север, внутренние районы полуострова (за исключением горных районов). В теплое полугодие это: юг и юго-восток; северо-запад и западное побережье; северо-восточное побережье. Границы выделенных районов в теплое и холодное полугодия не совпадают. Эти районы имеют крайне сложную структуру, для них возможно только приблизительно выделить однородные районы, сохраняющие неизменность своих границ для полугодий. Можно выделить Горный район (5-й), как район с неизвестной однородностью.

Самая значительная амплитуда годового хода (80-100 мм) характеризует режим осадков на западном побережье и в горном районе, а годовой ход на севере и северо-восточном побережье наиболее сглажен (амплитуда составляет около 40 мм). Характерная особенность для всего полуострова – наличие годового минимума осадков в апреле-мае.

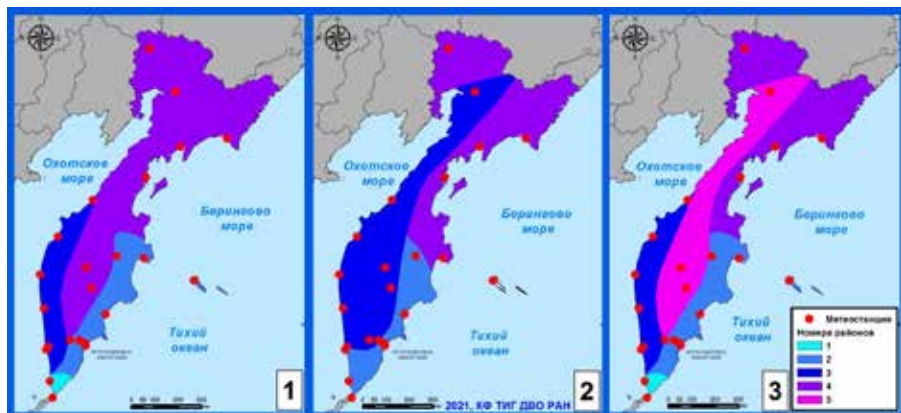


Рис. 10. Районирование по сходству циркуляционных условий осадков за 1956-2012 гг. 1-холодный период; 2- теплый период; 3-год.

В теплое полугодие осадков выпадает больше, чем в холодное, за исключением юга и юго-востока полуострова, где осадки холодного полугодия превышают осадки теплое в 1,2-2 раза.

Максимальная повторяемость летних засух характерна для юго-восточных районов полуострова. Однако, в начале лета атмосферная засуха чаще наблюдается в центральной части западного побережья. Избыточно увлажненные месяцы июнь и август чаще всего наблюдаются на северо-востоке Камчатки. Летом выявлено устойчивое повышение засушливости на западном и восточном побережьях, а также в долине р. Камчатка. Определены районы однородного распределения осадков в теплое и холодное полугодия. Отклонения температуры воздуха на западном, восточном побережьях и в долине р. Камчатка проявляются через 1-2 сезона в аномалиях осадков.

Изменения годовых сумм осадков на полуострове неоднозначны: на севере, западном и северо-восточном побережьях, в долине р. Камчатка наблюдается уменьшение, обусловленное эпохой преобладания отрицательных аномалий атмосферных осадков, которая наступила с начала 80-х годов XX столетия. На восточном побережье и в горном районе, наоборот, отмечается некоторое увеличение годовых осадков, вызванное преобладанием положительных аномалий с середины 90-х годов XX столетия. Наибольшие устойчивые уменьшения атмосферных осадков практически во всех районах полуострова происходят в предзимний сезон. Они обусловлены длительной эпохой «сухих» предзимий на северо-востоке и в долине р. Камчатка с середины 1970-х до середины 2000-х годов; на западе полуострова – с начала 1980-х по настоящее время. Осенью, за исключением северо-восточного побережья, отмечается увеличение атмосферных осадков. Выявленные закономерности изменения годовых сумм осад-

ков связаны с совпадением «сухих» и влажных фаз в межгодовых вариациях сезонных осадков. На всей территории четко проявляются короткопериодные 2-4-летние колебания и среднeperиодные – 6-8-летние. Менее значимы колебания длительностью 11-12 и 15 лет.

Прогнозы

При оценке изменений климата России в 21-м веке с использованием различных моделей климата (<http://voeikovmgo.ru>), сделаны следующие среднесрочные прогнозы изменения температуры и осадков для территории Камчатского края (Материалы 2005; Доклад 2012; Кокорин и др. 2013).

Прогноз изменения температуры

Прогноз изменения температуры, полученный с помощью моделей глобального изменения климата СМIP5, говорит, что в Камчатском крае можно ожидать роста температур, причем в большей степени зимой (табл.3). Прогнозируется, что зимние температуры сильнее всего возрастут на севере края. Тем самым сменится нынешняя тенденция, когда в северной части региона за последние десятилетия зимы стали существенно холоднее.

В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °C				
Зима	Весна	Лето	Осень	Год
+1 – +2	+0,5 – +1,5	+0,5 – +1,0	+0,5 – +1,0	+0,5 – +1,2

Таблица 3. Прогностическая оценка изменений температуры для Камчатского края.

Также возможно ожидать, что среднегодовые температуры в Петропавловске-Камчатском за 25 лет возрастут примерно на 2° C (от 1 до 3° C). Это больше, чем прогноз по моделям глобальных изменений климата, приведенный в табл. 3. Подобный рост – редкий случай, когда потепление превышает межгодовые колебания температуры.

С другой стороны, регрессионный прогноз не дает увеличения максимально жарких годовых температур. Волны жары на Камчатке маловероятны. Однако возможно существенное изменение минимальных температур за год. По средней оценке, минимальные температуры станут не холоднее -15° C, но неопределенность очень велика: от отсутствия изменений (морозы около -20° C) до совсем слабых морозов (-5 до -10° C). Вероятно, большей проблемой в регионе будут не экстремальные температуры, а сильные осадки и метели.

Прогноз изменения количества осадков

Прогноз изменения количества осадков, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (<http://voeikovmgo.ru>), говорит о том, что в крае можно ожидать небольшого увеличения осадков, причем в основном зимой (табл. 4). На севере региона к середине XXI века рост может составить 20 % от среднего уровня 1980-1999 годов, а в центральной и южной частях – примерно 10% (Кокорин и др. 2013).

В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %				
Зима	Весна	Лето	Осень	Год
+5 – +15	+5 – +10	-5 – +10	0 – +10	0 – +10

Таблица 4. Прогностическая оценка изменений осадков для Камчатского края.

Многолетняя мерзлота

Оценка наличия областей распространения многолетнемерзлых пород на территории Камчатского края основана большей частью на теоретических обобщениях и аналогиях. Существует общепринятая оценка, что на северо-востоке России она встречается на широтах севернее 55-60 градусов. Эти представления отражены на Геокриологической карте СССР (1996), являющейся по сей день наиболее полным источником детальной всесторонней характеристики мерзлотных условий территории России (рис.11). При этом информация на карте не противоречит данным метеостанций, но и не отражает существующей природной обстановки, ввиду отсутствия объективных данных. Начиная с конца 1999 года, эти данные начали появляться после запуска метеорологических спутников серии «MODIS», оборудованных сенсорами измерения температуры земной поверхности. На сегодняшний день накоплен достаточно обширный материал, который впоследствии должен быть совмещен с данными метеостанций для отображения современных тенденций изменения многолетней мерзлоты и ее состояния (рис. 11).

Сравнивая полученные изображения, преждевременно делать выводы о динамике температуры поверхности почвы и деградации многолетней мерзлоты, необходимо предварительно изучить весь комплекс актуальной информации (в том числе распространение мерзлотных форм рельефа и состояние растительности) и построить модель изменений с учётом всех регистрируемых факторов и наблюдаемых явлений.

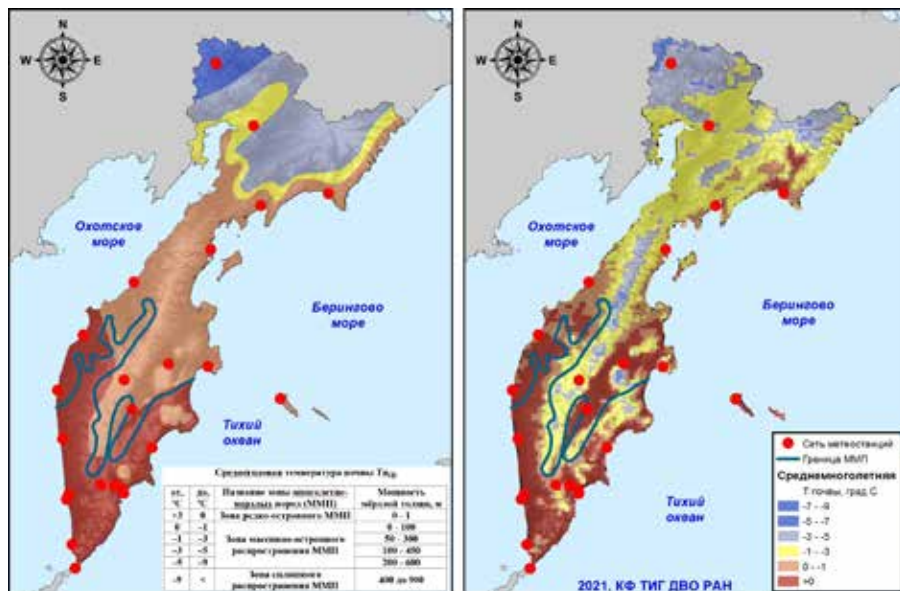


Рис. 11. Среднегодовые значения температуры поверхности почвы.

Слева – по Геокриологической карте СССР (1996),
справа – по данным спутникового мониторинга «MODIS» (2000–2018 годы).

Общественное восприятие

В 2010 г. в Камчатском крае проведено анкетирование и опубликован обзор традиционных знаний коренных народов, связанных с изменениями климата, проведена оценка воздействия климатических изменений на традиционное природопользование коренных малочисленных народов севера Камчатки. Обоснованно сделан вывод о целесообразности создания мониторинговой сети наблюдений, связанных с изменениями климата при участии родовых общин коренных народов (Шарахматова 2011). Эта работа позволила увидеть подводные камни, ожидающие исследователей мониторинга общественного восприятия изменений климата. Очевидно, что уже на стадии подготовки анкет необходимо чётко разграничить вопросы, чтобы ответы на вопросы об изменениях климата не подменялись ответами об изменениях в результате антропогенного воздействия.

По результатам исследования, проведённого в Якутии (Анисимова и др. 2017), получен вывод, что общественное восприятие климатических изменений не всегда объективно и зависит от многих факторов. Респонденты отмечают объективный характер современных изменений климата и их начавшееся воздействие на некоторые виды деятельности, условия труда и отдыха населения,

но показано, что лишь часть наблюдаемых изменений адекватно отражаются в общественном сознании; разрыв между данными наблюдениями и когнитивными индикаторами изменения климата затрудняет разработку и реализацию мер по адаптации к нему.

В Камчатском крае, где изменения климата выражены не так значимо, как в Якутии, особенно трудно разделить в общественном восприятии оценку климатических изменений и их последствий и оценку антропогенных изменений. Опыт, полученный нами при проведении опросов в Камчатском крае, позволит разработать анкету, максимально ориентированную на получение оценок изменений климата.



Рис. 12. Посёлок Оссора. Двор Краеведческого музея. Алексей Павлович Аполлон рассказывает об устройстве нарт. Фото: Ольга Чернягина.

Летом 2021 г. мы проводили опросы жителей Камчатского края в Усть-Большерецком (пос. Озерновский), в Олюторском (с. Хаилино, с. Тиличики), в Карагинском районах (с. Карага, с. Тымлат, пос. Оссора). В результате опросов выявлено, что коренные жители края и старожилы фиксируют появление нетипичных атмосферных явлений (северное сияние, грозы), сроки ледостава на реках и море, обилие летних и зимних осадков, сроки становления снежного покрова, глубину снежного покрова, время установления зимних дорог, силу и доминирующие направления ветров в разные сезоны, продолжительность сезонов, изменения растительности, сроки созревания ягод, сроки наступления

грибного сезона, размеры морских рыб в уловах (корюшка и навага), сроки хода рыб на нерест. Практически нет сообщений о состоянии многолетней мерзлоты (ее наличии или отсутствии). Воспоминания о сроках первых и последних заморозков очень разнятся даже в одном посёлке, причем как и другие воспоминания о сроках наступления или интенсивности природных явлений или хозяйственно значимых последствий метеорологических явлений. И если одни собеседники уверенно утверждают, что замечают климатические изменения, то другие считают, что системных изменений нет. Фенологические наблюдения не имеются. Тем не менее, мы получили множество интересных свидетельств, которые будут обобщены позже, но уже в этой работе ряд наблюдений использован при описании изменений экосистем.

К сожалению, упущено ценное время и вовремя не опрошены свидетели периодов, когда изменения климата только начинались. Большинство современных респондентов – люди, осознанно воспринимающие себя не ранее, чем с 70-х гг. 20 века, периода начала климатических изменений. Не все коренные жители и старожилы с интересом отнеслись к нашей работе и охотно отвечали на вопросы. Тем более мы благодарны тем, кто согласился с нами беседовать и записать эти беседы на видео.

Экологические последствия и изменения экосистем

В 2013 г. на основе трендов климатических изменений WWF России (Кокорин и др. 2013) была сформирована «Сводка, связанных с изменениями климата экологических явлений, социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для Камчатского края». Показано, что в отличие от многих других регионов России, на Камчатке речь пока идет только о потенциальных опасностях изменения климата, а не о зримых сегодняшних потерях. В сводке указано на возможное повышение температуры нерестовых водоемов, а также вод Берингова моря, что может негативно повлиять на лососевых рыб; названо вероятным смещение районов зимнего выпаса оленей в вулканические долины из-за недоступности кормов в приморских тундрах, смещение сроков прилета многих видов птиц, более ранние сроки гнездования, снижение выживаемости птенцов, снижение общей численности зоопланктона в Беринговом море, рост числа и силы лесных пожаров.

В оценке 2020 г. (Камчатский край 2020; Эксперты WWF 2020) эксперты WWF, как и семь лет назад, не отмечают существенных реакций экосистем Камчатского края на наблюдаемые климатические изменения. Среди наиболее вероятных угроз – сокращение численности кронцкой популяции дикого северного оленя, снижение выживаемости птенцов перелетных птиц, появление на Камчатке новых видов насекомых (например, малярийных комаров). Отмечены и позитивные перспективы: возможен рост уловов в прилегающих

к полуострову морях на 5-15%, но с оговоркой, что относиться к подобным оценкам следует с осторожностью, так как процессы, происходящие в океане, до конца не изучены и требуют глубокого анализа, (например, ученые прогнозируют рост кислотности в поверхностном слое вод Мирового океана, повышение его температуры и снижение объема растворенного кислорода). Тем не менее, Сергей Коростелев (в 2020 г. координатор программы по устойчивому морскому рыболовству WWF России), отмечает, что «с 2015 г. наблюдается увеличение численности взрослых особей минтая (*Theragra chalcogramma*) в южной части Чукотского моря, что, весьма вероятно, связано с его потеплением. В 2020 г. ВНИРО представил обоснование для вылова более ста тысяч тонн минтая на Чукотке. Другой характерный пример климатических изменений демонстрирует популяция сима (*Oncorhynchus masou*), самого теплолюбивого вида тихоокеанских лососей. Сима обычна на Сахалине, Южных Курилах, в Японии и Приморье, а в Камчатских реках малочисленна. До 2010 г. промышленное освоение сима на Камчатке было вне обсуждения. За последние же десять лет объемы фактического улова этого вида выросли с сотен килограммов до почти пяти тонн в 2019 г.».

В Камчатском крае до настоящего времени не отмечено экономических последствий изменений климата, связанных с уменьшением численности промысловых животных, и нет исследований, анализирующих эту проблему. На прошедшей 19 февраля 2021 г. в Южно-Сахалинске международной конференции «Динамика численности, состояние запасов и искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в Северной Пацифике» обсуждали неоправдавшиеся прогнозы улова и низкие подходы лососей в путину 2020 г. в Дальневосточном регионе. Одна из представленных версий объяснила спад численности лососевых рыб изменением климатических условий в Тихом океане.

Но уже в следующем 2021 г., в начале путины, прогноз улова на Камчатке установили в размере 359 тысяч тонн лососей, а в первых числах августа рекомендованный объем улова увеличили до 394,1 тысячи тонн (ИА «Кам 24» <https://kam24.ru/news/main/20210802/83127.html#.vPuBh90f.dpuf>). Эта путина стала одной из самых успешных в истории не только на Камчатке, но и на всём Дальнем Востоке России. На международном семинаре «Тихоокеанский лосось в мире человеческих взаимоотношений: экономических, социальных, экологических, исторических, этнических и культурных» (Петропавловск-Камчатский, 2019 г.). изменения климата не были перечислены в числе угроз камчатским популяциям тихоокеанских лососей.

Состояние ресурсов охотничьих животных специалисты также не связывают с изменениями климата и называют в числе настоящих и перспективных угроз охотничьему хозяйству в Камчатском крае развитие горнорудной промышленности и возможное начало нефтедобычи, а также строительство гидроэлектростанций (Кривенко и др. 2019).

Наиболее показательно отражают влияние изменений климата на биоту материалы фенологических наблюдений. В Камчатском крае фенологические наблюдения ведут три особо охраняемые природные территории: «Корякский государственный природный заповедник», «Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник» и «Командорский государственный природный биосферный заповедник им. С.В. Маракова», они по результатам своей работы ежегодно формируют «Календари природы». В заповедниках накоплены многолетние ряды наблюдений, но эти материалы не обобщены и не опубликованы.

Одним из показателей динамики экосистем является появление новых видов растений и животных. Появление новых видов может быть преднамеренным или случайным, но успеху закрепления видов на территории способствует целый ряд факторов, и одним из важнейших является климатический. В Камчатском крае в последние годы появился целый ряд публикаций о появлении новых видов животных и растений в сухопутных, пресноводных и морских экосистемах. Ниже приведено обобщение опубликованных данных и новых находок, полученных в период полевого сезона 2021 г.

Наземные экосистемы

Млекопитающие

В Камчатском крае обитает 54 вида и подвида наземных млекопитающих (Каталог 2000). Три вида: домовая мышь, серая и черная крыса – синантропные, завезены на Камчатку еще в 18-19 вв., с началом активного судоходства, которые расселяются в пределах населённых пунктов по всему краю. Ондатра (*Ondatra zibethicus*) интродуцирована в 1928 и 1959 гг. и успешно расселилась по полуострову (но не отмечена еще в северных районах на материке). Американская норка (*Mistela vison*) была предметом разведения на зверофермах и специально выпущена в бассейны крупных рек. Интродуцированные и убежавшие с ферм зверьки успешно адаптировались в дикой природе и стали родоначальниками жизнеспособных популяций по всему Камчатскому краю (в том числе на острове Беринга). Интродукция канадского бобра (*Castor canadensis*) в долине р. Камчатка и в Быстринском районе (1979 г.) оказалась unsuccessful, в последние годы сведения о встречах с этими животными не поступают.

В связи с неоднократными отделениями полуострова от материка в периоды морских трансгрессий и современной относительной географической изоляцией, фауна наземных животных полуострова Камчатка считается островной. Полуостров отдалён от материка более чем 300-километровыми безлесными и заболоченными пространствами Паропольского дола, которые являются физи-

ческой преградой для многих наземных животных. Такие обычные в Сибири виды, как рысь (*Linx linx*) и белка (*Sciurus vulgaris*), начали расселяться по полуострову только в 20 веке и в настоящее время занимают пригодные биотопы по всему полуострову; идёт расселение бурундука (*Tamias sibiricus*), его уже регулярно встречают на северо-западе полуострова. Эти успешные миграции начались до наступления периода климатических изменений. Виды постепенно занимают пригодные биотопы на ранее недоступных территориях. Отдельные особи колымского лося (*Alces alces*) пересекали Паропольский дол и неоднократно были встречены в северных районах полуострова, но только после того, как несколько пар лосей были перевезены вертолётom в долину реки Камчатки, этот вид начал активно осваивать новые территории, так как для него здесь нет естественных врагов, а пригодных незанятых и кормных биотопов много. Лось в настоящее время встречается не только в Центральной Камчатке, но и на побережьях и это не связано с климатическими изменениями.

Птицы

По представлениям специалистов-орнитологов, современная камчатская авифауна – образование исторически молодое и активно развивающееся. Орнитологические комплексы региона и сейчас находятся в стадии активного формирования (Лобков 2003). В современной работе о судьбе популяций птиц – недавних вселенцев (Лобков 2016) автор отмечает, что процессы трансмиграции и колонизации птицами полуострова Камчатка в последние годы прогрессируют. Высказано осторожное предположение, что это ещё одно следствие глобальных изменений в климатической обстановке. Этому способствуют биогеографические особенности Камчатки: её почти островное географическое положение в области Северной Пацифики, для которой свойственна высокая степень динамичности природных условий, в частности активная циклоническая деятельность, способствующая случайным залётам птиц на полуостров. Показано, что если за 30 лет, с 1970 по 1999, на Камчатке отмечены первые случаи размножения у 4-5 видов птиц-транسمигрантов, то ещё 5 новых видов впервые загнездились на полуострове в течение следующих всего 16 лет – в период 2000-2015 гг.: чернохвостая чайка (*Larus crassirostris*), большая горлица (*Streptopelia orientalis*), обыкновенный скворец (*Sturnus vulgaris*), сибирская горихвостка (*Phoenicurus aureus*), золотистый дрозд (*Turdus chrysolaus*), рябинник (*Turdus pilaris*), восточная синица (*Parus minor*), клётс – еловик (*Loxia curvirostra*), полевой воробей (*Passer montanus*), домовый воробей (*Passer domesticus*).

Восемь видов из этого списка появились на Камчатке в процессе естественной колонизации. Два последних – результат случайной (полевой воробей) и преднамеренной интродукции (домовой воробей), как и интродуцированный

ранее (в 30-годы 20 века). Сизый голубь – эти виды биотопически связаны с населёнными пунктами и успешно расширяют ареалы. Примеров интродукции диких птиц, рассчитанной на формирование местных популяций в естественных местообитаниях, мало, и пока они безуспешны. Так, попытки искусственной интродукции в камчатские леса в 1974-1981 гг. тетерева (*Lyrurus tetrix*) и рябчика (*Tetrastes bonasia*) завершились неудачей (Лобков 2016).

Членистоногие

Традиционно считается, что при потеплении расширяется ареал инфекций, переносимых насекомыми и клещами. Малярийных комаров, как прогнозирует WWF, в Камчатском крае еще не отмечено, но чаще встречаются иксодовые клещи, потенциальные переносчики таких опасных заболеваний как клещевой энцефалит и болезнь Лайма. Иксодовые клещи широко распространены в природе во всех природных зонах. На Камчатке достоверные сведения об их распространении известны с 70-х годов 20 века. В последние годы отмечается увеличение числа случаев обращения за медицинской помощью при укусах клещей. Камчатское краевое управление Роспотребнадзора ежегодно публикует сводки по обращениям в лечебно-профилактические учреждения по поводу присасывания иксодовых клещей. Специалисты констатируют рост нападений иксодовых клещей. В 2016 г. в больницы за помощью обратились 26 человек, в 2017 – 95, в 2018 – 38, а в 2019 – 41. По официальным данным укусам иксодовых клещей подверглись жители Петропавловска-Камчатского, Вилючинска, а также пяти административных районов края: Быстринского, Мильковского, Елизовского, Соболевского и Тигильского. В 2021 г. при опросе жителей с. Тилички (Олюторский район) мы получили информацию о том, что один житель села пострадал от укуса клеща. В 2020 г. впервые в одном из шести клещей снятом с человека в «Центре гигиены и эпидемиологии в Камчатском крае» была выделена одновременно ДНК возбудителей боррелиоза и эрлихиоза. Случаев инфекционных заболеваний после укусов клещей не выявлено.

Не отмечено катастрофического размножения насекомых-вредителей. Но успешно распространяется занесённый на Камчатку в 1992 г. с посадочным материалом красной смородины кленовый мучнистый червец (*Phenacoccus aceris*) (Лобкова, Гринькова 2013), который поражает плодовые растения семейства розоцветные (*Rosaceae*), красную и чёрную смородину в садах и в городских посадках. Было отмечено поражение кустов жимолости (*Lonicera edulis*) в тундре, и боярышника зеленомякотного (*Crataegus chlorosarca*) – в лесах. Вид был отмечен в Елизовском районе, посёлках в долине р. Камчатка и в Быстринском районе. Неустойчивая погода и колебания температурного режима в жизненно важные периоды для размножения этого вида значительно снизили численность вредителя, и в настоящее время остановили распространение.

Моллюски

Проникновение целого ряда видов наземных слизней на новые, ранее несвойственные территории во многих регионах мира приобретает все большие масштабы. На п-ове Камчатка до начала 21 века были известны три нативных вида слизней *Deroceras laeve* (Müller 1774); *D. agreste* (Linnaeus 1758); *D. altaicum* (Simroth 1886) (Sysoev, Schileyko 2009). В августе и сентябре 2018 г. в пос. Эссо и в южной части г. Петропавловск-Камчатский нами был обнаружен новый для полуострова Камчатка сетчатый слизень *Deroceras reticulatum* (Müller 1774). А ранее в июне 2017 г. в черте г. Петропавловск-Камчатский в прибрежье оз. Култучное был найден еще один заносной вид – *Arion subfuscus* (Draparnaud 1805). Это была первая находка бурого слизня в северных районах Дальнего Востока России. (Прозорова, Чернягина 2017; Прозорова, Чернягина 2018 г.). В последние годы неоднократно отмечен бурый слизень как в Петропавловске-Камчатском, так и в других населённых пунктах Елизовского района, а в 2021 г. по результатам опроса местных жителей, бурый слизень был выявлен на юге полуострова в пос. Запорожье (Усть-Большерецкий район). Оба вида, бурый слизень и сетчатый слизень, являются сельскохозяйственными вредителями, которые в условиях Камчатки могут нанести значительный урон культурным растениям, как в открытом грунте, так и в теплицах. Расселение видов по полуострову лимитируется климатическими условиями, но в приморских районах можно ожидать их более широкое распространение и внедрение в природные биотопы.

Растительный мир

Как уже отмечено, накопленные массивы фенологических наблюдений за растительным миром в заповедниках Камчатского края остаются необработанными. В 2013 г. мы проводили фенологические наблюдения в г. Петропавловск-Камчатский и определили начало и продолжительность климатических сезонов (по данным метеостанции Петропавловск-Камчатский). В 2013 г. вегетационный период длился 180 дней. Из них 52 дня – весна, 98 дней – лето и 30 дней – осень. Если сравнить данные, полученные за 2013 г., с данными за период 1890 по 1960 гг., то очевидно, что продолжительность климатической весны и климатической осени существенно уменьшились (рис. 13), в настоящее время эта тенденция сохраняется. Изменение продолжительности сезонов и вегетационного периода является показателем меняющегося климата.

Данных прямых наблюдений современной динамики растительности территории Камчатского края мало, они фрагментарны, малочисленны и не формализованы. Предложенная концептуальная модель отклика растительности на изменение климата в Северной Евразии (Жильцова, Анисимов 2015) пред-

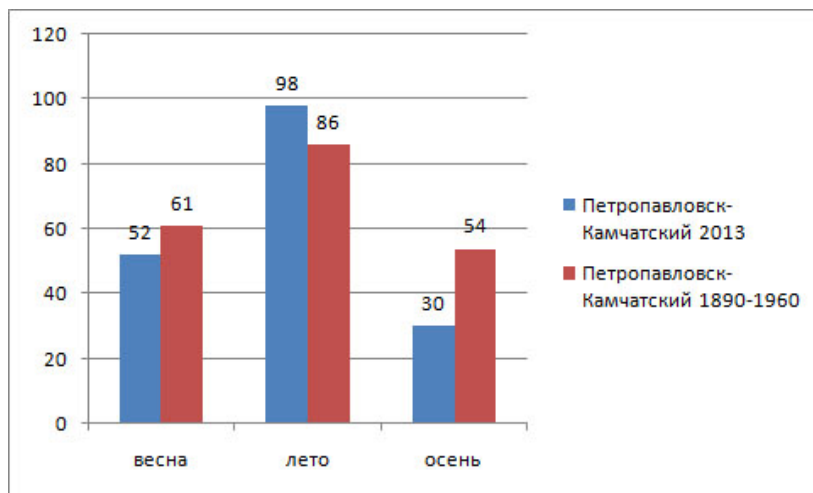


Рис. 13. Продолжительность климатических сезонов в г. Петропавловск-Камчатский в 2013 г.

полагает, что до того, как климатическое воздействие достигнет некоторого критического уровня, отклик на него проявляется в увеличении биомассы и фотосинтетической активности растительности при сохранении целостности состава и неизменности ареала биома. Авторы отмечают, что наблюдаемый в настоящее время рост фотосинтетической активности связан не столько с интродукцией новых видов, сколько с увеличением размеров проективного покрытия и освоением новых местообитаний видами аборигенной флоры. В результате климатообусловленной динамики границ природных зон в Арктике менее продуктивные биомы замещаются более продуктивными.

Опросы жителей Камчатского края показали, что эта тенденция характерна для всех районов, как на полуострове, так и в северной материковой части. В северных районах отмечено повсеместное зарастание кустарничковых тундр стланиками, ольховым (*Alnus fruticosa*) и кедровым (*Pinus pumila*), и увеличение ширины участков пойменной интразональной растительности за счет окаймляющих поймы тундры. На юге полуострова кустарничковые тундры на мысах зарастают травянистой растительностью, из-за чего снижается продуктивность ягодников. Дороги, пожарища, карьеры и другие участки с уничтоженной коренной растительностью повсеместно зарастают луговыми травами, ольховым и кедровым стлаником. На севере полуострова формируются древостои берёзы плосколистной (*Betula platyphylla*), часто угнетённые, на полуострове – берёзы Эрмана (*Betula ermanii*). Формированию берёзовых древостоев способствует заметно увеличившаяся в последние десятилетия семенная продуктивность (берёзы обильно цветут и плодоносят).

Контроль за вселением на территорию новых видов растений - важный элемент изучения динамики растительности. В 2004 г. во флоре полуострова Камчатка было известно 183 адвентивных вида (Якубов, Чернягина 2004), в 2018 г. по всему Камчатскому краю мы приводим уже 262 вида (Чернягина, Девятова 2018). Ежегодно это число увеличивается, как за счет заноса новых видов, так и благодаря работам на неизученных территориях.

Натурализации чужеродных видов способствует современное потепление климата, а также возросшие экономические связи и активизация туристической деятельности, в результате чего усиливается завоз диаспор адвентивных видов, некоторая часть из которых способна адаптироваться к сложным экологическим условиям северных экосистем. Ряд видов начинают внедряться в естественные фитоценозы и получают статус инвазивных. В инвазивную фракцию флоры Камчатского края включен 71 вид растений, принадлежащих к 63 родам из 17 семейств. Наиболее богаты инвазивными видами семейства Asteraceae (18 видов), Fabaceae (6 видов), Brassicaceae (8 видов) и Poaceae (11 видов) (Vinogradova et al. 2020). Большая часть этих видов только начинает внедряться на полуостров, популяции их малочисленны и не способны менять структуру естественных сообществ. Но уже появились и адаптировались такие общеизвестные опасные инвазивные виды, как *Acer negundo*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens glandulifera*, *Lupinus polyphyllus*, *Symphytum caucasicum* (Abramova, et al. 2017). Как правило, это виды, ушедшие из культуры, распространены преимущественно в южной части полуострова Камчатка. Но мы наблюдаем динамику в расселении этих видов, так, в 2021 г. отметили *Impatiens glandulifera*



Рис. 14. Инвазивный вид *Impatiens glandulifera* на пустыре в с. Тымлат. Сентябрь 2021 г. Фото: Ольга Чернягина.

на пустырях в с. Тымлат, тогда как в 2015 г. вид произрастал только в посадках, и мы даже не предполагали, что возможно естественное семенное возобновление этого южного вида на севере полуострова Камчатка (рис. 14).

Пресноводные экосистемы

Изменения в пресноводных экосистемах в арктических районах в современной литературе однозначно связывают с изменениями климата. Предприняты большие усилия по сбору информации о таких изменениях и в большой работе, посвященной знаниям коренных народов о пресноводной экологии в условиях меняющегося климата. Камчатский край включён в рассматриваемый регион (Knorr et al. 2020). Но авторы работы не нашли доступной информации о таких изменениях в Камчатском крае. Мы приводим известную нам информацию, как опубликованную, так и полученную в результате экспедиционных работ в 2021 г.

В недавней публикации А.М. Токранов (2021 г.) обобщил информацию о появлении на Камчатке в конце XX- начале XXI вв. и современном распространении в водоёмах полуострова трёх новых видов гидробионтов – сибирского усатого гольца (*Barbatula toni*), озёрной (*Pelophylax ridibundus*) и травяной (*Rana temporaria*) лягушек.

Автор отмечает, что чужеродные представители ихтиофауны начали появляться на полуострове в результате преднамеренной интродукции ещё с начала прошлого века и не связаны с климатическими изменениями. С 1930 г. и затем неоднократно в водоёмы Камчатки интродуцирован серебряный карась (*Carassias auratus*), в период с 1955 по 1970 гг. вселяли амурского сазана (*Cyprinus rubrofascus*), а в 1958-1960 гг. была предпринята попытка интродукции на Камчатке обской стерляди (*Acipenser ruthenus marsiglii*). Карась и сазан успешно размножаются в водоёмах бассейна р. Камчатка и стали промысловыми видами. Стерлядь не прижилась.

Непромысловые виды также, прямо или непреднамеренно, были завезены на Камчатку человеком. Сибирский усатый голец впервые был обнаружен в р. Камчатка вблизи пос. Ключи в конце прошлого столетия и, вероятнее всего, попал сюда в процессе акклиматизации амурского сазана. Вид успешно прижился в бассейне р. Камчатки (Токранов 2001). Озерная лягушка – результат преднамеренной интродукции, т.к. любители природы неоднократно привозили животных и выпускали в водоемах с подтоком термальных вод и у стока теплых вод у теплоэлектростанции в г. Петропавловск-Камчатский. Первые сведения о том, что озёрная лягушка успешно прижилась на Камчатке, появились в 90-х годах прошлого века. В настоящее время озёрная лягушка с помощью человека продолжает расселяться по окрестностям горячих источников на Камчатке. У горячих ключей лягушки активны даже в зимний период, они

круглогодично размножаются (Шейко, Никаноров 2000; Бухалова, Велигура 2007; Ляпков 2014 и др.). Травяная лягушка появилась на полуострове в 2005 г., когда из Московской области на Камчатку (Голыгинские горячие ключи) было завезено 150 неполовозрелых особей. В 2015 г. численность только самок травяной лягушки в среднем течении р. Голыгиной составляла свыше 2,6 тыс. экз. (Ляпков 2016).

Мы рассмотрели факты преднамеренного вселения новых видов в пресноводные водоёмы Камчатки. Каких-либо сведений о негативном влиянии популяций этих видов на естественные экосистемы нет. Есть вероятность, что существующее в настоящее время равновесие может быть нарушено при прогнозируемом увеличении температуры пресноводных водоёмов. Появились первые данные о расселении лягушек за пределы специфических биотопов, в которых эти виды натурализовались на Камчатке. Так, уже не первый год наблюдатели фиксируют озерных лягушек в селе Мильково в долине р. Камчатка (<https://www.inaturalist.org/observations/91834295>, фотография О.П. Куряковой). Здесь не имеются горячие источники, а зимние температуры опускаются ниже 40°C. Но не исключён вариант, что кто-то ежегодно привозит лягушек из с. Эссо или Малкинских горячих ключей, где этот вид встречается часто и обильно. В 2021 г. мы встретили мелких лягушек (визуально определённых как *Rana temporaria* <https://www.inaturalist.org/observations/83774167>) у Уксичанских горячих ключей в с. Эссо и в холодной старице р. Озерная в окрестностях п. Озерновский на юге Камчатки (о том, что здесь слышали голоса лягушек, нам сообщили местные жители). Эти сведения нуждаются в дальнейшем подтверждении.

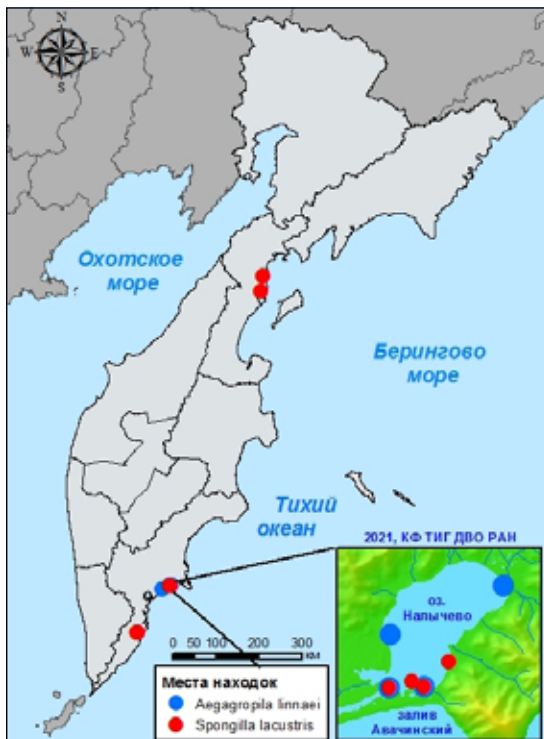
Достоверно известно, что два вида гидробионтов – пресноводная губка бадяга озерная и водоросль эгагропила Линнея, о распространении которых на полуострове ранее имелись единичные данные, датированные серединой прошлого века, в настоящее время самостоятельно расселяются в водоемах полуострова, местами обильны и формируют значительную биомассу.

Первые современные находки двух видов пресноводных губок (Бадяга Мюллера *Ephydatia muelleri* (Lieberkühn 1885) и бадяги озёрной *Spongilla lacustris* (Linnaeus, 1759) сделаны в озере Налычево (Юго-Восточная Камчатка, Налычевский природный парк) в 2009 г. Оба вида в 2018 г. были занесены в Красную книгу Камчатского края (Красная книга, Т.1, 2018). В 2021 г. бадяга озерная встречена нами в болотных озёрах долины р. Асача (Юго-Восточная Камчатка, Южно-Камчатский природный парк) и на севере полуострова, в Карагинском районе. В озере Оссорское у пос. Оссора губки встречались часто и достигали размеров 10 см. Ими обрастали выброшенные в озеро старые кастрюли и провода. Примечательно, что шесть лет назад, также в начале сентября 2015 г., мы обследовали этот водоём, но губки не были обнаружены. Кроме этого, губки были найдены в 2021 г. в одном из тундровых озёр в окрестностях п. Тымлат (рис. 15, рис. 16).



Рис. 16. Бадяга озёрная в оз. Оссорское. Фото: Ольга Черныгина.

Рис. 15. Распространение бадяги озёрной и эгагропилы Линнея на п-ве Камчатка.



Мы однозначно связываем находки губок в 2021 г. с исключительно тёплым летом этого года. Например, температура в озере Оссорское в начале сентября достигала 16,5°C, что нетипично для этого северного района. В обычных условиях пресноводные губки – малозаметные организмы, фильтраторы, которые образуют небольшие коврики на нижних сторонах камней или ковры на дне, в местах, где много растворённой органики. Может быть, в связи с тёплым летом количество бактериопланктона и прочей органики в озёрах увеличилось, что дало возможность губкам увеличить биомассу и способствовало их обнаружению. Возможно, губки можно рассматривать в качестве индикаторов потепления в пресноводных водоёмах Камчатки.

Второй вид – эгагропила Линнея (*Aegagropila linnaei* Kütz.). *Cladophora aegagropila* (L.) Trevis – вид зелёных водорослей из семейства кладофоровых (Cladophoraceae), обладающий обширным ареалом, охватывающим практически все северное полушарие. На Камчатке эта водоросль достоверно известна только на озёрах Котельного и Налычево на юго-восточном побережье полуострова Камчатка (Романов и др. 2017) (рис.15). Данный вид занесён в Красную книгу Камчатского края (Красная книга, Т.2, 2018). В холодной части оз. Налычево, у устья ручья Перевального, эгагропила формирует шаровидные

дерновинки диаметром 1-1,3 (рис.17), а в юго- восточной части озера, где вода прогревается до 18°C, дерновинки распадаются и формируют скопления глубиной 50-200 см на значительных площадях (рис. 18).

На мелководьях в южной части озера скопления эгагропилы вытесняют



Рис. 17. Шаровидные дерновинки *Aegagropila linnaei* в северной части озера Нальчево, на дне устья ручья Перевального (холодные воды). Фото: Ольга Чернягина.



Рис. 18. Скопления *Aegagropila linnaei* в юго-восточной части оз. Нальчево.
Фото: Ольга Чернягина.

ранее наблюдавшиеся здесь сообщества полушника морского (*Isoëtes maritima* Underv.), харовых водорослей, губок и других водных организмов (Чернягина, Ненашева 2020). Увеличение площадей и мощности скоплений эгагропилы в озере Нальчево требует особого внимания, т.к. это может негативно

повлиять на качество воды в озере и уменьшить площадь нерестилищ нерки (*Oncorhynchus nerka*) на прибрежных участках озера.

Достоверно неизвестно, как *Aegagropila linnaei* попала в озеро Налычево. Мы обнаружили её только в 2017 г. Анализ фотоматериалов показал, что в 2009 г. скоплений эгагропилы по берегам озера в юго-восточной части еще не было, а впервые они отмечены в 2011 г. Такое стремительное распространение вида, с накоплением значительной биомассы и вытеснением прибрежных сообществ позволяет расценивать эгагропилу Линнея как инвазивный вид. Дальнейшее расселение эгагропилы по пресноводным водоемам Камчатки (что вероятно, т.к. озеро служит пристанищем для перелётных птиц) в условиях роста летних температур в пресноводных водоёмах может угрожать пресноводным экосистемам полуострова.

Местные жители отмечают видимые изменения в пресноводных экосистемах и на севере края. В селе Тиличики Олюторского района нам рассказали, что в окрестных озёрах чаще и обильнее стали встречать белые кувшинки.

Ботанические экспедиции в 70-х гг. прошлого века, детально изучавшие флору этой территории, не находили кувшинок (Определитель ... 1981). Вид нимфея четырёхугольная (*Nymphaea tetragona*) занесён в Красную книгу Камчатского края (2018).

Заключение

Тренды изменения температурного режима и других климатических показателей, фиксируемые в Камчатском крае, свидетельствуют в пользу существования изменений климата. Аномально тёплое и сухое лето 2021 г. подтверждает существование тенденций потепления. Но часто видимые изменения разнонаправлены и, как сказала одна из наших собеседниц, жительница села Тымлат: «Такая сейчас неустойчивость, как будто что-то должно поменяться в природе». Грамотно поставленный мониторинг поможет не пропустить наступления перемен и поможет подготовиться и адаптироваться к этим переменам. Камчатка принадлежит к числу тех регионов, где климатические изменения не вызвали пока явных откликов в экосистемах. Не было зафиксировано изменений их продуктивности и устойчивости. Именно сейчас, пока изменения малозаметны, необходимо разворачивать системы мониторинга, привлекая к наблюдениям коренных и местных жителей и инструменты гражданской науки (такие как платформа iNaturalist и Фенологическая сеть Русского географического общества, например, проект «Снежный дозор»). При дальнейшем развитии сети высокоскоростного интернета участие коренного и местного населения северных районов в таких проектах скоро станет возможным, а в южных и центральных доступно уже сейчас. Грамотно организованные обуча-

ющие семинары помогут мотивировать жителей Камчатского края принимать участие в этих проектах и объединить усилия местных и научных сообществ в работе по отслеживанию климатических изменений.

Литература

- Агалаков В.С. Характеристика атмосферных процессов над акваториями Дальневосточных морей и прилегающими к ним районами Азиатского материка // Вопросы географии камчатки. 1967. № 5. С. 95-102.
- Агалаков В.С. Камчатка – край циклонов. М.: Знание. 1973. – 63 с.
- Анисимов О.А., Жильцова Е.Л., Ю.И. Жегусов Ю.И. Общественное восприятие изменения климата в холодных регионах России: пример Якутии // Лёд и Снег. 2017. Т. 57. № 4. С. 565-574.
- Бирман Б.А., Бережная Т.В. Основные погодно-климатические особенности Северного полушария Земли. За период с 2001 г. Аналитический обзор. – Гидрометцентр России. 2014.
<http://www.meteorf.ru/upload/iblock/7b6/Birman-klimat-2014.pdf>
(Дата обращения 5.12.2021)
- Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д., Кондратьюк В. И. Климат Петропавловска-Камчатского в XIX–XX столетиях // Вопросы географии Камчатки. 1990. № 10. С. 10–17. Петропавловск-Камчатский.
- Власов В.А. О климате Камчатки. 2. Температура вод / М.: Тип. т-ва Рябушинских, 1916. – VIII: Камчат. экспедиция Федора Павловича Рябушинского, снаряж. при содействии Имп. Рус. геогр. о-ва. Метеорол. отд.
- Геокриологическая карта СССР масштаба 1:2500000. Кондратьева К.А., Афанасенко, В.Е., Гаврилов А.В., Дунаева Е.Н., Замолотчикова С.А., Труш Н.И., Лисицына О.М., Трофимов В.Т. и др. М.: МГУ. 1996.
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012. – 194 с.
- Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. Росгидромет. Санкт-Петербург. 2017. – 106 с.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. Москва: Росгидромет. 2012.
- Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. Динамика растительности Северной Евразии: анализ современных наблюдений и прогноз на 21. // Арктика. XXI век. Естественные науки. 2015. № 2. С. 4-59.
- Камчатский край: тренды за последние десятилетия. Юлия Калиничева/WWF России. 2020. <https://wwf.ru/upload/documents/Kamchatka.pdf> (Дата обращения 1.10.2021)
- Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропав-

- ловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. 2000.
- Кокорин А.О., Смирнова Е.В., Замолодчиков Д.Г. Изменение климата. Книга для учителей старших классов общеобразовательных учреждений. Вып. 2. Регионы Дальнего Востока. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2013. – 234 с.
- Кондратюк В.И. Климат Камчатки. М.: Московское отделение гидрометеозидата. 1974. – 204 с.
- Красная книга Камчатского края. Т.1. Животные / отв. ред. А.М.Токранов. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2018. – 196 с.
- Красная книга Камчатского края. Том. 2. Растения / отв. ред. О.А. Чернягина. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2018. – 388 с.
- Кривенко В.Г., Валенцев А.С., Герасимов Ю.Н., Кириченко В.Е., Кузнецов А.В., Слодкевич В.Я., Ткаченко Е.Э. Охотничьи животные Камчатского края (состояние ресурсов, охрана и рациональное использование): монграфия. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2019. – 238 с.
- Лобков Е.Г. Птицы Камчатки (география, экология, стратегия охраны). Автореф. дис. докт. биол. наук. М. 2003. – 60 с.
- Лобков Е.Г. Птицы – недавние вселенцы на Камчатку: судьба популяций / Русский орнитологический журнал 2016. Том 25 Экспресс-выпуск 1272. С. 1281-1294.
- Материалы к стратегическому прогнозу изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. Росгидромет. М. 2005. – 88 с.
- Метеорологические условия над Тихим океаном / Отв. ред. Самойленко В.С. АН СССР, Институт океанологии им. П.П. Ширшова. М.: Наука. 1966. – 396 с.
- Прозорова Л.А., Чернягина О.А. Распространение заносного слизня *Agion subfuscus* (Draparnaud, 1805) на востоке Азии от Камчатки до Китая // Бюллетень ДВМО. 2017. № 21. С. 192-196.
- Прозорова Л.А., Чернягина О.А. Обнаружение на полуострове Камчатка заносного слизня *Deroceas reticulatum* (Müller 1774) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XIX междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2018. С. 206-208.
- Романов Р.Е., Чернягина О.А., Чемерис Е. В. *Aegagropila linnei* и *Chara braunii* – пресноводные водоросли рекомендованные к внесению в Красную книгу Камчатского края // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XVIII международной научной конференции. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2017. С. 147-150.
- Слюнин Н.В. Охотско-Камчатский край: Естественно-историческое описание. – С.-Петербург: изд. Министерства финансов. Т. 1-2. 1900.
- Тихоокеанский лосось в мире человеческих взаимоотношений: экономических, социальных, экологических, исторических, этнических и культурных.

- Тезисы докладов Международного научно-практического семинара. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2019. – 132 с
- Токранов А.М. Появление и распространение новых видов гидробионтов в водоёмах Камчатки в конце XX – начале XXI веков // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2021. № 9. С. 186-192.
- Черныгина О.А., Девятова Е.А. Адвентивные растения Камчатского края: распространение и разнообразие // Доклады XVII-XVIII международных научных конференций. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2018. С. 256-261.
- Черныгина О.А., Ненашева Е.М. Озеро Налычево (Восточная Камчатка). Мониторинг объекта особой охраны в природном парке «Налычево» // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы XXI междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2020. С. 279-282.
- Шарахматова В.Н. Наблюдения коренных народов севера Камчатки за изменениями климата. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 2011. – 78 с.
- Шкаберда О.А., Василевская Л.Н. Оценка изменений температуры воздуха на Камчатке за последние 60 лет. Вестник ДВО РАН. 2015. № 3. С. 69-77.
- Шкаберда О.А., Василевская Л.Н., Ковбасюк В.В. Режим и динамика атмосферных осадков на Камчатке во второй половине XX – начале XXI века // Естественные и технические науки. 2014. № 4.
- Шкаберда О.А. Современные тенденции изменения климата Камчатки. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Казань. 2015.
- Эксперты WWF России представили анализ возможных изменений климата Камчатки в XXI веке. 15 октября 2020. <https://wwf.ru/resources/news/klimat-i-energetika/eksperty-wwf-rossii-predstavili/> (Дата обращения: 1.11.2021)
- Abramova L.M., Chernyagina O.A., Devyatova E.A. 2017. Invasive Species in Kamchatka: Distribution and Communities. *Botanica Pacifica* 6(1): 13–21.
- Knopp, J.A., Levenstein, B., Watson, A., Ivanova, I., Lento, J. 2020. Systematic Review of Documented Indigenous Knowledge of Freshwater Biodiversity in the Circumpolar Arctic. *Freshwater Biology* 00: 1–16. <https://doi.org/10.1111/fwb.13570>
- Vinogradova Y.K., Aistova T.V. Antonova L.A, Chernyagina O.A., Chubar E.A., Darman G.F., Devyatova E.A., Khoreva M.G., Kotenko O.V., Marchuk T.A., Nikolin E.G., Prokopenko S.V., Rubtsova T.A., Sheiko V.V., Kudryavtseva E.P., Krestov P.V. 2020. Invasive Plants in Flora of the Russian Far East: the Checklist and Comments. *Botanica Pacifica* 9(1): 103–129.

