

УДК 556.16: 556.545 (282.256.1) (282.256.3)

**Особенности формирования пресноводного
стока в эстуарных системах Оби и Енисея**

С. А. Лапин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва)
e-mail: sal58@mail.ru

В работе рассматривается речной сток двух великих сибирских рек перед его поступлением в Карское море. Обосновывается точка зрения, согласно которой несмотря на отнесение в современных классификационных подходах устьевых областей Оби и Енисея к одной группе, их воздействие на сток за внешним (морским) краем дельты существенно различается. Такое положение складывается посредством наложения ряда формирующих сток факторов, среди которых важнейшими являются особенности водосборных бассейнов обеих рек и специфика морфометрии их эстуариев. В качестве инструментария для исследования трансформации речного стока используется анализ особенностей гидролого-гидрохимического режима устьевых областей Оби и Енисея. Обосновывается существенное воздействие Обской губы на сток, как в плане его дальнейшего регулирования гигантским объемом данного эстуария, так и в плане изменения биогенного состава его вод в связи с сезонными процессами, происходящими непосредственно в Обской губе. Для Енисейского эстуария, напротив, отмечено минимальное воздействие его эстуарной системы на поступающий в море сток, в связи с быстрым добеганием существенно более компактной и высокой нежели у Оби половодной волны до Енисейского залива. Утверждается, что поступающий в Карское море через енисейский эстуарий сток по своему составу близок к водам р. Енисей, а сток из Обской губы, напротив, является «собственным продуктом» данного водоема и серьезно различается с водами р. Обь.

Ключевые слова: устьевая область, эстуарий, гидрология, гидрохимия.

ВВЕДЕНИЕ

Внимание к исследованиям Арктического бассейна, проявляемое в силу разных причин в настоящее время, выдвигает в число важнейших задач изучение особенностей поступающего в него пресноводного стока. В первую очередь это касается Карского моря, согласно сложившемуся постулату, непосредственно принимающего сток двух великих сибирских рек — Оби и Енисея. Постараемся разобраться, так ли это на самом деле?

Дело в том, что прежде чем попасть в море, воды обеих рек преодолевают достаточно протяженную устьевую область (рис. 1), включающую в себя, в том числе, и обширный эстуарий. При изучении протяженных, удаленных и малоосвоенных устьевых областей Оби и Енисея, необходимо обратить внимание на одно важное обстоятельство. Продвигающиеся со стороны суши специалисты — гидрологи, прежде всего, уделяют внимание изучению реки и ее дельты, адвигающиеся от моря оке-

анологи, как правило, ограничиваются в своих изысканиях устьевым взморьем. Таким образом, по сочетанию объективных и субъективных причин из области серьезного изучения выпадает огромная промежуточная область — эстуарии. Еще один важный аспект заключается в том, что исследователи моря подходят к эстуарию как к морскому заливу (этот термин, кстати, закреплен юридически), что совсем не так; а исследователи вод суши — как к внутреннему пресноводному водоему, что в большей степени соответствует истине, однако тоже с некоторым количеством исключений. Соответственно и подходы к редким возможностям исследования промежуточных между рекой и морем объектов у них разные.

Предлагаемая работа отражает взгляд гидролога на данную проблему. Сразу необходимо оговориться, что автор на разных этапах своей биографии был причастен как к исследованиям самого Обь-Иртышского бассейна, так и его эстуарной системы, в то время как знакомство с Енисеем ограничивается районом Красноярского водохранилища и Енисейским заливом. Исходя из этого, но, главным образом, в силу того, что Обская эстуарная система представляется — в плане трансформации речного стока — более значимой, упор в работе будет сделан на Обскую губу.

Начнем с гидрографии. Прежде всего, учитывая присущую современным научным публикациям терминологическую неразбериху,

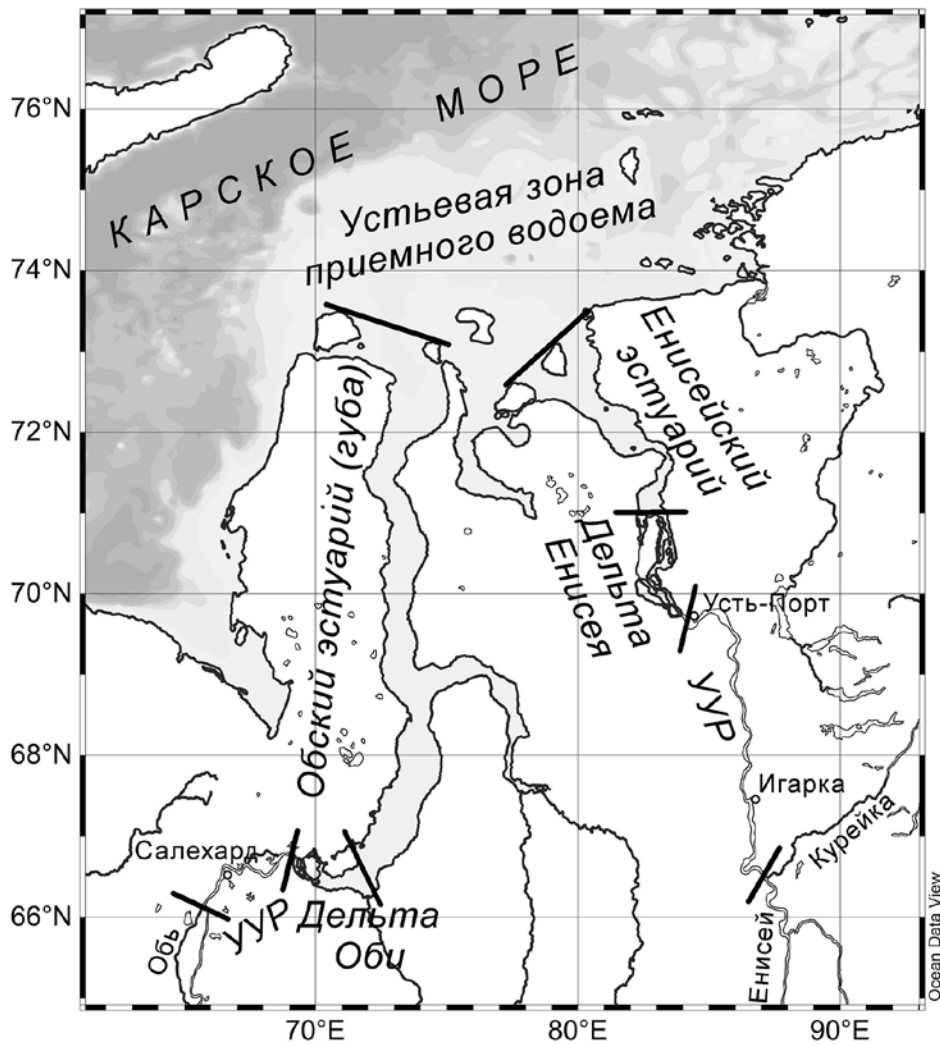


Рис. 1. Карта устьевых областей рек Оби и Енисея

Подписаны и разграничены линиями их составные части, УУР — устьевой участок реки

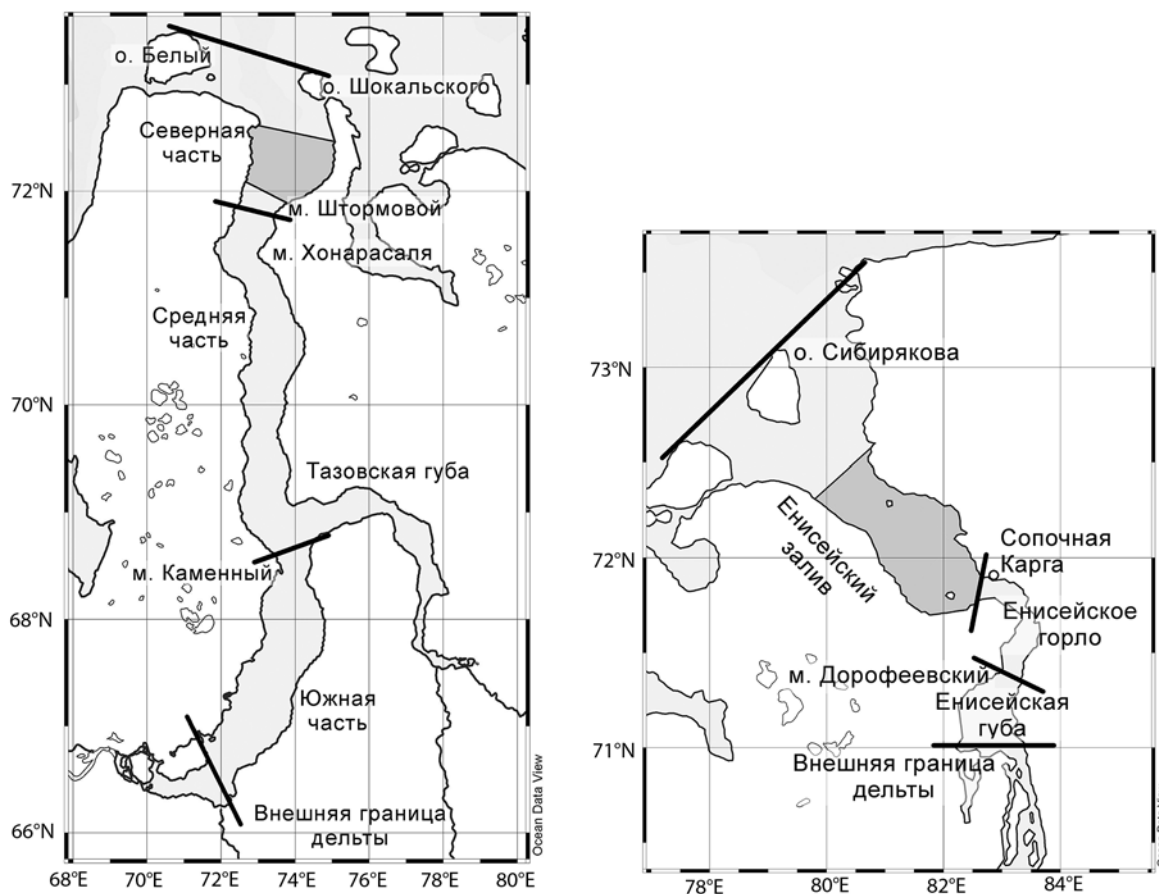


Рис. 2. Эстуарии Оби и Енисея

Линиями показаны границы составных частей эстуариев, серым цветом выделены их выходные бары

внесем ясность относительно сложноорганизованного объекта, каковым является устьевая область реки (УОР). Итак, УОР Оби и Енисея состоит из устьевых участка реки (УУР), дельты реки, эстуария и устьевой зоны приемного водоема, часто именуемой устьевым взморьем (рис. 1, 2).

Согласно уточненной классификации [Михайлов, Горин, 2012], УОР Оби и Енисея относятся к одному и тому же дельтово-эстуарному типу, главным элементом которого является эстуарий с примыкающей к нему дельтой выполнения, постепенно наступающей на эстуарий и отодвигающей вниз по течению его вершину. Идентичны в классификационной категории и сами эстуарии, относящиеся к лиманному, неблокированному, микроприливным и сильно стратифицированным.

Этот тип эстуариев формируется в устьях больших рек. Их происхождение в нашем слу-

чае связано с затоплением части речных долин Оби и Енисея в связи с подъемом уровня океана в голоцене. Таким образом, согласно определениям и принятой классификации фиксируется полное тождество двух устьевых областей. Что же дает более внимательный анализ? Прежде всего, отметим, что части УОР выше и ниже эстуариев, действительно очень схожи. Схожи и северные части обоих эстуариев: в Енисейском — это часть эстуария севернее м. Сопочная Карга (которую чаще всего называют Енисейским заливом), а в Обском — расширение губы севернее м. Штормовой. Именно в этих частях эстуариев находится основная область контакта пресных и соленых вод (южная часть фронтальной зоны). Именно здесь располагаются обширные отмели — выходные бары (рис. 2) над которыми идет активный процесс осаждения выносимого в море терригенного материала

как во взвешенном, так и в растворенном виде; идет активное переформирование эстуарных берегов и практически исчезают русловые ложбины. Именно здесь в интервале солености (минерализации) 0,5–1,5‰ [Васильев, 1976] происходит резкая смена ионного состава вод с гидрокарбонатно-кальциевого на хлоридно-натриевый. Наконец, именно здесь, в диапазоне солености до 8‰, формируется биологический, седиментационный и геохимический барьер, а также постепенно меняется видовой состав гидробионтов с пресноводного на морской [Лисицын, 1974]. Эти области эстуариев также отличаются максимальным влиянием морских факторов на все процессы, а соответственно именно они в наибольшей степени отвечают сути морского залива. В этой связи совсем не случайно енисейская часть так и именуется — Енисейским заливом.

Это о сходстве, а теперь о различиях, которые более интересны, поскольку фиксируют важные нюансы, определяющие особенности формирования пресноводного стока в эстуариях. А различны эстуарии Оби и Енисея практически во всем, причем это утверждение касается даже их функционально схожих северных частей, о чем подробнее ниже.

Обский эстуарий или Обская губа — водоем уникальный хотя бы по своим размерам: длина 800 км, ширина 30–90 км, объем более 400 км³. Морфологически он четко разделяется на 3 части (рис. 2). Южная (от края Обской дельты до места слияния с Тазовской губой) — представляет собой мелководную область с выровненным дном и с глубинами, плавно увеличивающимися в северном направлении от 1–3 до 10 м. Средняя — наиболее протяженная, с преобладающими глубинами 10–15 м, отличающаяся наличием четко выраженной русловой ложбины, заглубленной до 28 м. Северная часть губы начинается от м. Штормовой и, на большей части своей акватории, занята мощной грядой бара шириной до 50 км, глубинами по гребню около 10 м, а также с врезающимися в нее с юга — русловой, а с севера — постоянно заполненными солеными водами Карского моря морскими ложбинами [Лоция..., 2001].

Эстуарий Енисея — сложносоставной водоем, включающий в себя Енисейскую губу,

горло и Енисейский залив. Иногда все эти составные части называют заливом-эстуарием. Его суммарная протяженность также достаточно велика (350 км), однако серьезно уступает Обскому. Еще важнее различия гидрографические. Итак, через многорукавную дельту выполнения енисейские воды впадают в Енисейскую губу (в среднем 630 км³/год). Однако последняя — не выглядит полным аналогом южной части Обского эстуария, которая, напомним, представляет собой обширный мелководный водоем, аккумулирующий речные наносы. Вдоль восточного берега губы в глубоком русле продолжают свое движение к морю воды двух самых многоводных восточных рукавов дельты — Большого и Малого Енисея, как бы пронизывая Енисейскую губу насквозь. Приблизительно через 50 км (на траверзе м. Дорофеевский) поток вступает в Енисейское горло, особенностью которого является его орографически обусловленное сужение до величины, соразмерной с шириной русла р. Енисей в нижнем течении. Горло заканчивается на траверзе м. Сопочная Карга, где глубокая русловая ложбина врезается в мощную баровую гряду, занимающую большую часть Енисейского залива. Таким образом, необходимо акцентировать внимание на том обстоятельстве, что дельту с заливом связывает мелководный (до 50 м) «канал» — русловая ложбина, через которую транзитом, в значительной степени сохраняя все свойства речного потока, проходит основная часть енисейского стока. В этой связи отметим имеющую место двойственность в определении места впадения енисейских вод в приемный водоем. С одной стороны, согласно всем определениям это, безусловно, Енисейская губа — верхний водоем енисейского эстуария. С другой, это непосредственно Енисейский залив, ведь туда транзитом через губу и узкое горло направляется большая часть енисейского стока. Таким образом, совершенно не случайно за устьевой створ Енисея часто принимается не внешняя (морская) граница дельты, а створ у м. Сопочная Карга на входе в Енисейский залив.

Для дополнительной иллюстрации вышесказанного обратимся к гидрологическим особенностям времени выхода из зимы в устьевых областях обеих рек. На рис. 3 представлен

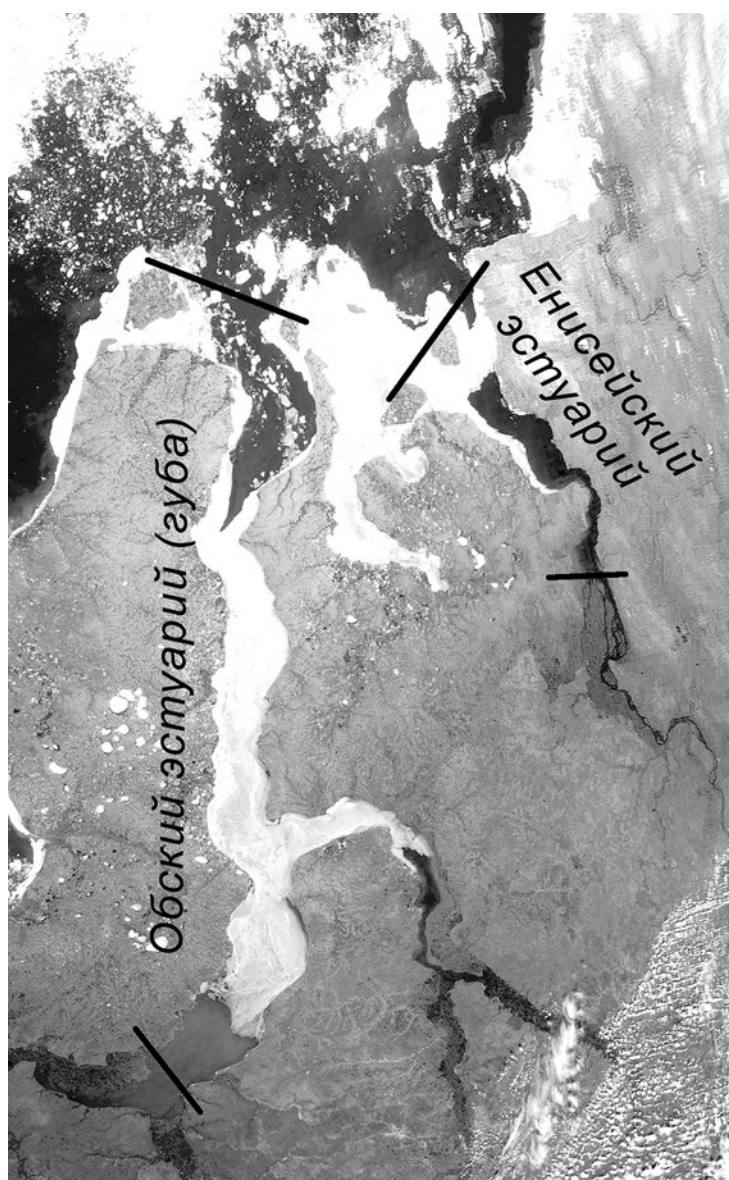


Рис. 3. Состояние ледового покрова в эстуариях Енисея и Оби 29.06.2007 [NASA ..., 2017]

космический снимок исследуемых объектов применительно к моменту окончательного освобождения рек Оби и Енисея ото льда. Согласно среднемноголетним срокам на Оби это происходит в начале июня. К этому времени льда в бассейне Оби уже нет и начинается постепенное освобождение от него Обской губы (эстуария), причем этот процесс одновременно идет с двух сторон — как с севера, так и с юга. Окончательное освобождение губы ото льда происходит, как правило, к концу июля с разрушением перемычки в ее средней части, примыкающей с юга к м. Хонарасаля. Попутно

важно развеять одно устойчивое заблуждение и акцентировать внимание на том обстоятельстве, что ни одна льдина из р. Обь никогда не достигает Карского моря — это со всей очевидностью иллюстрирует представленный космический снимок.

В Енисейской устьевой области волна половодья, двигаясь вниз по течению последовательно и без существенных задержек разрушает свой ледовый покров, достигая м. Сопочная Карга и внедряясь в вершину Енисейского залива приблизительно к середине июня. Иначе говоря, время освобождения ото льда [Нали-

мов и др., 2004], а стало быть, и попадание в эти акватории вод весеннего половодья, в самой южной придельтовой акватории Обской губы и в вершине Енисейского залива (ниже м. Сопочная Карга) наступает одновременно (рис. 3). Этим же фактором объясняется и то обстоятельство, что температура вод, попадающих в северные части обоих эстуариев всегда намного выше в Енисейском. Вышесказанное хорошо иллюстрируется и гидрографами, рассчитанными для внешних границ дельт обеих рек, которые фиксируют практически одновременное добегание пиков половодья Оби и Енисея до своих эстуариев (рис. 4).

Таким образом, опираясь даже на самые общие характеристики рассматриваемых эстуарных систем, приходим к выводу, что волна половодья из Енисея достаточно быстро (по мере своего продвижения, характерного для реки) достигает основной области смешения пресных и солёных вод — Енисейского залива. А вот полые воды Оби — практически в то же время — попадают в южную часть своего гигантского приемного водоема и только начинают долгий путь трансформации в Обской губе. На анализе этих процессов остановимся подробнее.

Р. Обь поставляет в Обскую губу в среднем $402 \text{ км}^3/\text{год}$. В этот же водоём поступает сток рек Надыма, Таза и Пура (суммарно около

$93,7 \text{ км}^3$), а также $34,8 \text{ км}^3$ стока с Гыданского и Ямальского побережий [Иванов, Осипова, 1974]. Суммарно среднегодовое поступление поверхностных вод в Обскую губу оценивается в среднем в $530,5 \text{ км}^3$ [Иванов, Осипова, 1972; Иванов, 1980]. Приблизительно такое же количество воды поступает через Обскую губу в Карское море. Зададимся вопросом: а какая, собственно говоря, вода достигает моря? Ведь упомянутые составляющие этого объёма — воды рек Оби, Таза, Пура, Надыма, а также с побережий, поставляют в губу сток, существенно отличающийся по составу. Так р. Обь собирает его с гигантского водосборного бассейна площадью около 3 млн км^2 , большая часть которого представляет собой заболоченную низменность и находится вне зоны многолетней мерзлоты. Эта особенность предопределяет поступление в Обскую губу с водами Оби большого количества органического вещества, гуминовых кислот, соединений железа. Другие упомянутые реки, бассейны которых практически целиком находятся в области распространения многолетней мерзлоты, поставляют в губу воды несколько отличные от обских по своему химическому составу, при этом существенно менее минерализованные ($0,1\text{--}0,2 \text{ мг/л}$) и кисловатые (pH менее 7) [Геоэкологическое состояние..., 2007]. Таким

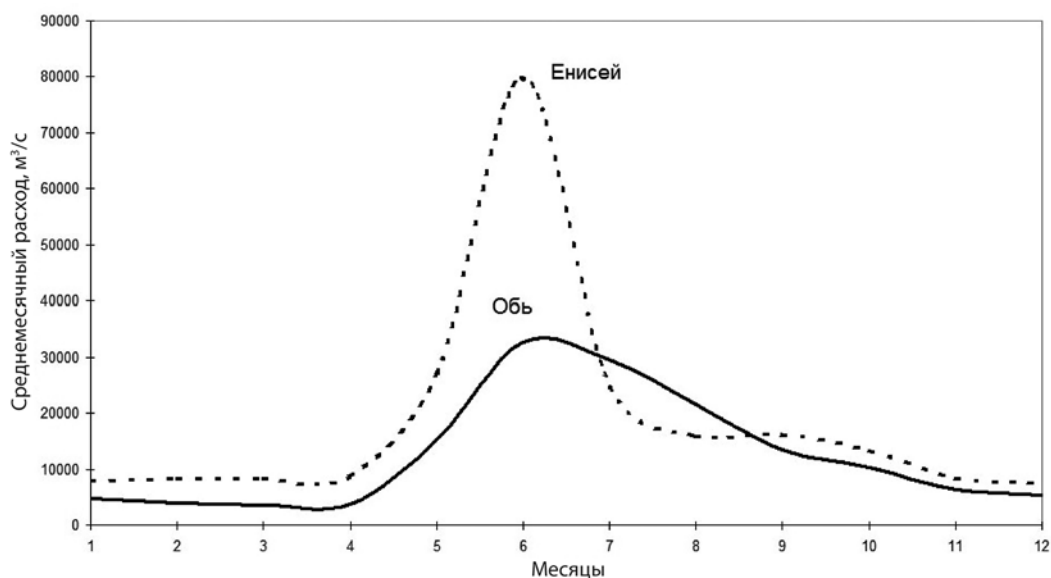


Рис. 4. Внутригодовое распределение стока на внешней границе дельты Оби и Енисея

образом, если бы речь шла даже о простом смешении разнотечного стока, говорить о том, что в море поступают воды р. Оби было бы не правомочно. Однако вернемся к Обской губе. Даже простое соотношение ее собственного объема с объемом ежегодно поступающего в нее стока говорит об очень не высоком уровне водообмена, коэффициент которого составляет порядка 1,2 раза в год. Согласно этому достаточно примитивному параметру, полностью не учитывающему сложный характер смешения вод в Обской губе, данный водоем правомерно сравнить с водохранилищем глубокого многолетнего регулирования стока, к которым относят водоёмы с коэффициентом водообмена в диапазоне 1–3 [Эдельштейн, 2014]. Говоря простым языком, в Обской губе происходит глубокая трансформация поступающего в неё стока под воздействием как гидрологических (слабый водообмен; сложный характер взаимодействия внутриводоемных процессов, вызываемых течениями-противотечениями, сгонами-нагонами, приливами-отливами, ветровым воздействием, особенностями взаимодействия пресных вод с солёными) [Васильев, 1976; Иванова, 1984, 2004; Павлов, Становой, 1983], так и биологических факторов (чередование процессов продуцирования органического вещества в весенне-летний период с его деструкцией — в осенне-зимний) [Лапин, 2011 б; Лукьянова и др., 2011]. Таким образом, даже простой беглый взгляд на происходящие в Обской губе процессы позволяет утверждать, что пресные воды, поступающие из Обской губы в Карское море, являются «собственным продуктом» данного водоёма, а не транзитно пропущенными водами реки Оби. Соответственно и состав поступающих в море вод в значительной степени зависит от процессов, происходящих в самой Обской губе в тот или иной период года и, по большому счету, напрямую не связан с составом стока питающих ее рек.

Итак, Обская губа дополнительно регулирует проходящий через неё сток, «выползающая» гидрограф Оби и без того лишенный летнего межлетнего периода, вследствие высокой степени естественной зарегулированности обского бассейна. Скорость стокового течения в Обской губе сильно колеблется по раз-

ным оценкам, однако на наш взгляд, наиболее близки к истине расчеты, проведенные гидрологами ААНИИ. По данным В. В. Иванова [1980] она меняется от 1–3 см/с зимой до 6–8 см/с летом. Павлов и Становой [1983] оценили скорость стокового течения применительно к штилевым условиям для южной части губы в 7–12 см/с, средней 4–6 см/с, а для северной в 1–3 см/с. В любом случае важно осознавать, что приведенные характеристики (стокового течения) являются сугубо расчётными величинами, а реально наблюдаемые перемещения вод в губе в каждый конкретный момент не только разнонаправленные, в зависимости от текущего взаимоналожения действующих факторов, но и, как правило, обладают существенно более высокими скоростями. Таким образом, на сегодня, в силу сложности количественной оценки стока из Обской губы в Карское море, мы не способны точно оценить его помесечное распределение, а относительно надежно можем говорить лишь о суммарном годовом объеме.

Изменчивость гидрохимического состава вод проиллюстрируем анализом содержания биогенных элементов в водах Обского эстуария. Как уже отмечалось выше, прямое влияние рек (прежде всего Оби) отмечается лишь в верхней части эстуария — мелководной южной части губы. На большей части губы главенствующую роль играют внутрисезонные процессы трансформации стока. Так, по данным исследований ВНИРО в Обской губе 2006–2010 гг., к вскрытию водоёма ото льда по всей акватории отмечаются максимальные в году концентрации минеральных форм биогенных элементов: кремния — 140–180 мкМ, минерального азота (преимущественно в нитратной форме) — до 30–35 мкМ, фосфора фосфатов — около 3 мкМ [Лапин, 2011 б; Лукьянова и др., 2011]. Такое состояние вод отражает завершение длительного — порядка 9 месяцев — доминирования процесса деструкции органического вещества в водах губы. С этого же момента стартует короткая и бурная арктическая весна, особенностью которой является активная деятельность фотосинтезирующих организмов, создающих весьма значительное количество органического вещества. Большую его часть по биомас-

се составляет диатомовый планктон. В связи с потреблением автотрофами биогенных элементов, их содержание в воде на большей части губы быстро опускается до минимальных в году значений. Так к концу июля в средней части губы содержание в водах нитратного азота уже приближается к 0, а кремния падает до 20–40 μM [Артамонова и др., 2013]. В дополнение важно подчеркнуть два уникальных обстоятельства, свойственных даже короткому периоду открытой воды на акватории Обской губы. Первое — это сравнительно невысокое насыщение вод кислородом, как правило, не достигающее 100%, а второе — стабильно высокое содержание фосфора фосфатов, как правило, не падающее ниже 1 μM , причем и то и другое отмечается даже на этапах фотосинтетического пика. Это связано с содержанием большого количества органического вещества, соединений железа и фосфора, как в водах губы, так и в её донных осадках, что важно подчеркнуть особо, так как из них, посредством волновых возму-

щений, водная толща периодически пополняется этими веществами [Лапин, 2011 б].

Однако вышеупомянутыми факторами трансформирующие функции Обской губы не ограничиваются. Отдельно необходимо отметить процессы, происходящие при смешении пресных и солёных вод в южной части фронтальной зоны. Эта область расположена в северной части Обской губы над обским баром и прилегающими к нему частями с морской и пресноводной сторон. В весенне-летний период смешение вод здесь происходит по неконсервативному типу: активный процесс регенерации минеральных форм биогенных элементов, вследствие интенсивной деструкции органического вещества в слое распресненных вод над галоклином, приводит к существенному повышению содержания в воде, например, кремния силикатов до 180–213 μM (против 15–60 μM в областях губы вне влияния фронтальной зоны), а азота нитратов — до 10–12 μM (против его фактического отсутствия в пресноводной части губы в этот

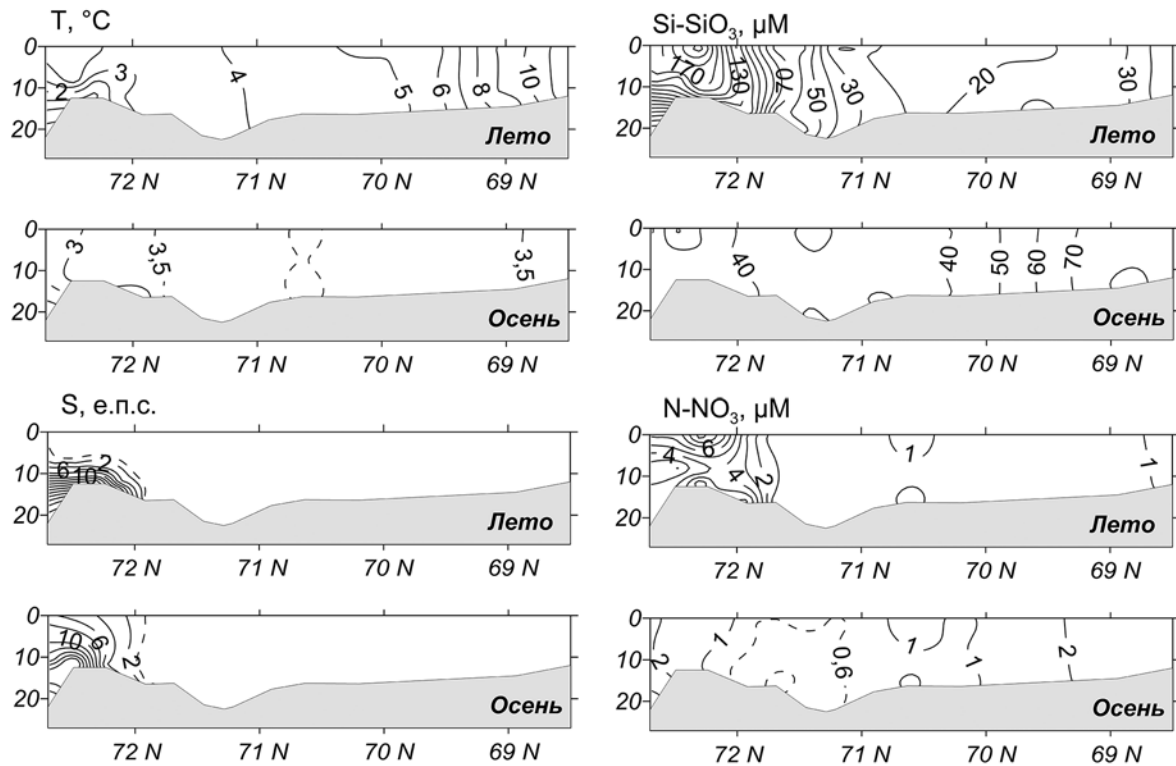


Рис. 5. Распределения температуры ($T^{\circ}\text{C}$), солености (S , е.п.с.), кремния (Si , μM) и азота нитратов (N-NO_3 , μM) вдоль Обской губы от Тазовской губы до бара

По данным экспедиции ВНИРО 2010 г.: после схода льда — лето и перед его становлением — осень.

период) [Лапин, 2011 б, 2015; Артамонова и др., 2013]. Соответственно этими элементами обогащаются и воды, прилегающие к области регенерации, как с северной (морской), так и с южной (пресноводной) стороны (рис. 5).

Таким образом, в весенне-летний период (как правило, в июле-августе) воды, поступающие в море из Обской губы, обогащены биогенными элементами, образующимися в процессе регенерации в области над баром. Вследствие тех же причин в предфронтальной пресноводной области губы создается зона высокой продуктивности, где первичное продуцирование не ограничивается «биогенным голодом», характерным другим частям ее акватории [Лапин, 2014]. В осенний период с затиханием сезонной вегетации в Обской губе данный процесс постепенно сходит на нет и в Карское море поступают обедненные биогенными элементами воды, что соответствует их содержанию в самой губе в это время (рис. 5).

Детально описанные выше процессы отражены в работах, созданных на базе результатов, полученных в ходе комплексных гидролого-гидрохимических исследований в Обской губе, проведенных ВНИРО в 2006–2010 и в 2014 гг., причём впервые — во все сезоны [Артамонова и др., 2013; Лапин 2011 а, 2011 б, 2014, 2015; Лапин и др., 2015].

Вернемся к Енисейской эстуарной области. Свойственные Обской губе регуляционные процессы в Енисейском эстуарии либо отсутствуют (как, например, в её северной части — во фронтальной зоне), либо малозначимы. В значительной степени это происходит благодаря высокому водообмену в Енисейском эстуарии, вследствие относительно небольшого объёма Енисейской губы (порядка 25 км³) и специфики орографии двух его составляющих — губы и горла. В результате, в Енисейский залив поступают мало трансформированные (в частности по своему химическому составу) речные воды р. Енисей. Для примера — содержание кремния в поступающих в Енисейский залив водах колеблется (по данным экспедиций ИОРАН) в небольших пределах — от 70 мМ в период активной вегетации (весенне-летний период) до 100–110 мМ к моменту ее затухания (осенью). Кроме того, смешение енисейских вод с морскими происходит преимущест-

венно по консервативному типу, при котором доминирует простое перемешивание вод, не осложненное процессами, подобными ежегодно происходящим в Обской губе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя вышесказанное, ещё раз отметим важную особенность пресных вод, поступающих в Карское море из Обского и Енисейского эстуариев. Через устьевой створ Обской губы (о. Белый — о. Шокальского) в море попадают воды прошедшие глубокую трансформацию в данном водоеме. По сути они являются особым «продуктом» — водами Обской губы (эстуария). В частности, сток в море биогенных элементов из Обской губы кардинальным образом отличается от стока этих элементов в нее из р. Оби. Из эстуария Енисея, напротив, в море поступают мало трансформированные речные воды р. Енисей. После выхода из Енисейского горла, их смешение с морскими (в Енисейском заливе) происходит преимущественно по консервативному принципу.

Также важно отметить насущную необходимость дальнейшего и, желательно, мультидисциплинарного исследования эстуарных областей Оби и Енисея, так как до сих пор эти объекты уверенно можно характеризовать, как слабоизученные. В условиях активного освоения природных богатств этого региона такое положение дел особенно недопустимо. Применительно к Обскому эстуарию уже сегодня отсутствие системного научного сопровождения в условиях серьезного антропогенного прессинга не только негативно влияет на его экосистему, но и ведет к постепенному превращению рыбохозяйственного водоема мирового значения в техногенную систему по добыче и транспортировке углеводородного сырья.

Автор выражает глубокую признательность научному сотруднику ФГБНУ «ВНИРО» К.К. Кивве за помощь в подготовке иллюстративного материала.

ЛИТЕРАТУРА

- Артамонова К. В., Лапин С. А., Лукьянова О. Н., Маккавеев П. Н., Полухин А. А. 2013. Особенности гидрохимического режима Обской губы в период открытой воды // *Океанология*. Т. 53. № 3. С. 357–366.
- Геологическое состояние Арктического побережья России и безопасность природопользования. 2007. М.: ГЕОС. 584 с.
- Васильев А. Н. 1976. Взаимодействие речных и морских вод в Обской устьевой области // *Труды ААНИИ*. Т. 314. С. 183–196.
- Иванов В. В. 1980. Гидрологический режим низовьев и устьев рек Западной Сибири и проблема оценки его изменений под влиянием территориального перераспределения водных ресурсов // *Проблемы Арктики и Антарктики*. Вып. 55. С. 20–43.
- Иванов В. В., Осипова И. В. 1972. Сток Обских вод в море и его многолетняя изменчивость // *Труды ААНИИ*. Т. 297. С. 86–91.
- Иванова А. А. 1984. К оценке водообмена Обской губы // *Труды ААНИИ*. Т. 394. С. 5–9.
- Иванова А. А. 2004. Течения и массоперенос на устьевом взморье Оби // *Труды ААНИИ*. Т. 449. С. 327–330.
- Лапин С. А. 2011 а. Гидрологическая характеристика Обской губы в летне-осенний период // *Океанология*. Т. 51. № 6. С. 984–993.
- Лапин С. А. 2011 б. Гидрохимическая структура вод Обской губы и оценка ее биопродуктивности // *Промысловая океанология*. Вып. 8. № 1. С. 84–100.
- Лапин С. А. 2014. Специфика формирования зон повышенной продуктивности в Обском эстуарии // *Труды ВНИРО*. Т. 152. С. 146–154.
- Лапин С. А. 2015. Гидролого-гидрохимический режим фронтальной зоны Обской губы в период открытой воды // *Экосистема Карского моря — новые данные экспедиционных исследований*. Материалы научной конференции. Москва, 27–29.05.2015 г. М.: АПР. С. 53–57.
- Лапин С. А., Артамонова К. В., Гангнус И. А., Кивва К. К. 2015. Гидролого-гидрохимическая структура фронтальной зоны Обской губы в ранне-осенний период // *Проблемы Арктики и Антарктики*. № 3 (105). С. 15–26.
- Лисицын А. П. 1994. Маргинальный фильтр океанов // *Океанология*. Т. 34. № 5. С. 735–747.
- Лоция Карского моря. 2001. Обь-Енисейский район. Санкт-Петербург. ГУ навигации и океанографии МО РФ. Ч. 2. 292 с.
- Лукьянова О. Н., Лапин С. А., Артамонова К. В., Зозуля Н. М., Радченко С. В., Грузевич А. К. 2011. Особенности сезонной изменчивости гидрохимических условий Обской губы // *Мат. XV конф. по промысловой океанологии*. Светлогорск, 12–17.09.2011 г. Калининград: АтлантНИРО. С. 172–176.
- Михайлов В. Н., Горин С. Л. 2012. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей // *Водные ресурсы*. Т. 39. № 3. С. 243–257.
- Налимов Ю. В., Усанкина Г. Е., Балабаев А. П. 2004. Характеристика процесса очищения от льда эстуариев рек западной Арктики, полученные на основе материалов наблюдений ледовых авиационных разведок и ИСЗ // *Труды ААНИИ*. Т. 449. С. 290–298.
- Павлов В. К., Становой В. В. 1983. Расчет лиматических характеристик стоково-ветровых течений Обской губы // *Труды ААНИИ*. Т. 380. С. 49–54.
- Эдельштейн К. К. 2014. Гидрология озёр и водохранилищ. М.: Перо. 399 с.
- NASA goodard space flight center. Accessible via: https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/cgi-bin/imagery/single.cgi?image=crefl_2_143.A2007180072500-2007180073000.2km.jpg. 24.07.2017.

REFERENCES

- Artamonova K. V., Lapin S. A., Lukyanova O. N., Makkaev P. N., Polukhin A. A. 2013. Osobennosti gidrohimicheskogo rezhima Obskoi guby v period otkrytoj vody [The features of the hydrochemical regime in Ob inlet during the open water time] // *Okeanologiya*. T. 53. N3. S. 357–366.
- Vasilev A. N. 1976. Vzaimodejstvie rechnyh i morskikh vod v Obskoj ustevoj oblasti [The interaction of sea and river waters in the Ob mouth area] // *Trudy AANII*. T. 314. S. 183–196.
- Geoekologicheskoe sostoyanie Arkticheskogo poberezhya Rossii i bezopasnost prirodnopolzovaniya. [Geoecological state of the Arctic coast of Russia and safety of environmental management]. 2007. M.: GEOS. 584 s.
- Ivanov V. V. 1980. Gidrologicheskij rezhim nizovev i ustev rek Zapadnoj Sibiri i problema ocenki ego izmenenij pod vliyaniem territorialnogo pereraspredeleniya vodnyh resursov [The hydrological regime of the lower reaches and river mouths of Western Siberia and the problem of evaluation of its changes under the impact of territorial redistribution of water resources] // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Vyp. 55. S. 20–43.
- Ivanov V. V., Osipova I. V. 1972. Stok Obskikh vod v more i ego mnogoletnyaya izmenchivost [The Ob's runoff to sea and its long-term variability] // *Trudy AANII*. T. 297. S. 86–91.

- Ivanova A. A.* 1984. К оценке водообмена Обской губы [To the assessment of the water exchange of the Gulf of Ob] // *Trudy AANII*. Т. 394. С. 5–9.
- Ivanova A. A.* 2004. Tечения и массоперенос на устьевом взморе Оби [Flow and mass transfer in Ob's estuarine coast] // *Trudy AANII*. Т. 449. С. 327–330.
- Lapin S. A.* 2011 a. Гидрологическая характеристика Обской губы в летне-осенний период [Hydrological characterization of the Ob' Inlet in the summer and autumn seasons] // *Okeanologiya*. Т. 51. № 6. С. 984–993.
- Lapin S. A.* 2011 b. Гидрохимическая структура вод Обской губы и оценка ее биопроductивности [Hydrochemical structure of the Ob' Inlet and evaluation of bioproductivity] // *Promyslovaya okeanologiya*. Вып. 8. № 1. С. 84–100.
- Lapin S. A.* 2014. Специфика формирования зон повышенной продуктивности в Обском эстуарии [Specific features of formation of the high-productivity zones in the Ob' Inlet] // *Trudy VNIRO*. Т. 152. С. 146–154.
- Lapin S. A.* 2015. Гидролого-гидрохимический режим фронтальной зоны Обской губы в период открытой воды [Hydrological and hydrochemical regime of the frontal zone of the in Ob inlet during the period of open water] // *Ekosistema Karskogo morya — novye dannye ehkspedicionnyh issledovanij*. Materialy nauchnoj konferencii. Moskva. С. 53–57.
- Lapin S. A., Artamonova K. V., Gangnus I. A., Kivva K. K.* 2015. Гидролого-гидрохимическая структура фронтальной зоны Обской губы в ранне-осенний период [Hydrological and chemical characteristics of the frontal zone in the Obskaya guba in early autumn] // *Problemy Arktiki i Antarktiki*. N3 (105). С. 15–26.
- Lisicyn A. P.* 1994. Marginalnyj filtr okeanov [Marginal filter of the oceans] // *Okeanologiya*. Т. 34. № 5. С. 735–747.
- Lociya Karskogo moray* [The pilot chart of the Kara sea] // 2001. Ob-Enisejskij rajon. Sankt-Peterburg. GU navigacii i okeanografii MO-RF. Ch 2. 292 s.
- Lukyanova O. N., Lapin S. A., Artamonova K. V., Zozulya N. M., Radchenko S. V., Gruzevich A. K.* 2011. Osobennosti sezonnoj izmenchivosti gidrohimicheskikh uslovij Obskoj guby [Peculiarities of seasonal variability of hydrochemical conditions of the Ob' Inlet] // *Mat. XV konf. po promyslovoj okeanologii*. Svetlogorsk. 12–17 09 2011 g. Kaliningrad. AtlantNIRO. С. 172–176.
- Mihajlov V. N., Gorin S. L.* 2012. Novye opredeleniya, rajonirovanie i tipizaciya ustevykh oblastej rek i ih chastej [New definitions, zoning and typification of rivers mouth areas and their parts] // *Vodnye resursy*. Т. 39. № 3. С. 243–257.
- Nalimov Y. U., Usankina G. E., Balabaev A. P.* 2004. Kharakteristika processa ochishcheniya ot l'da ehstuariev rek zapadnoj Arktiki poluchennye na osnove materialov nablyudenij ledovyh aviacionnyh razvedok i ISZ [Characteristics of the process of purification from the ice of the estuaries of the rivers of the Western Arctic obtained on the basis of observations of the ice aircraft and intelligence satellites] // *Trudy AANII*. Т. 449. С. 290–298.
- Pavlov V. K., Stanovoj V. V.* 1983. Raschet klimaticheskikh kharakteristik stokovo-ventrovyyh techenij Obskoj guby [The calculation of climatic characteristics of the discharges and winds currents of the Gulf of Ob] // *Trudy AANII*. Т. 380. С. 49–54.
- Ehdelshtejn K. K.* 2014. Гидрология озер и водохранилищ [Hydrology of lakes and reservoirs] // М.: Pero. 399 s.

Поступила в редакцию 12.07.2017 г.
Принята после рецензии 25.07.2017 г.

Features of freshwater flow formation in estuary systems of the Ob and the Yenisei

S. A. Lapin

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

The flow of two great Siberian rivers before its entrance into the Kara Sea is considered in the article. River mouth areas of the Ob and the Yenisei in modern classification approaches belong to the same group, but in spite of this, their influence on the flow outside (sea) estuary edge is significantly different, and this point of view is substantiated here. Such position is developed by means of superimposition of a number of forming the flow factors, the most important among them are features of catchment basins of both rivers and specificity of their estuaries morphometry. Analysis of the hydrological and hydrochemical features of the river mouth areas regime of the Ob and the Yenisei was used as an instrument for the study of river flow transformation. Significant effect of the Ob Inlet on the flow is substantiated; both in respect of its further regulation with huge volume of this particular estuary and changes of its biogenic composition in connection with seasonal processes taking place in the Ob Inlet directly. As for the Yenisei estuary concerned, on the contrary, minimum influence of its estuary system on the incoming into the sea flow is noticed. It is connected with quick run-up of much more compact and high floodwater wave (than the Ob has) till Yenisei Bay. It is approved that the flow coming into the Kara Sea through the Yenisei estuary is close in its composition to the Yenisei waters, but flow from the Ob Inlet, on the contrary, is «the own product» of this particular reservoir and seriously differs from the Ob waters.

Key words: river mouth area, estuary, hydrology, hydrochemistry.