

УДК 639.3.053.1:629.783

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА «ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЫ» В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТАУЙСКОЙ ГУБЫ СПУТНИКОВЫМИ МЕТОДАМИ

© 2009 г. В.Б. Тюрнин

*Магаданский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии, Магадан 685000*

В результате комплексного анализа мультиспектральной спутниковой информации выявлен мощный сброс пресных вод р. Армань, направленный в открытую часть Тауйской губы. Под воздействием эффекта «гидродинамической трубы» 3-7 июня 2006 г. в прибрежье образовался антициклонический вихрь. В случае развития режима вод по «холодному» типу подобная ситуация в период катадромной миграции молоди лососей может привести к повышенной элиминации и появлению неурожайных поколений. Рассмотренный природный феномен, вероятно, является одним из «основных» факторов, оказывающий влияние на формирование численности поколений лососей р. Армань.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования акватории Тауйской губы в области промысловой океанологии прошлых лет заложили представления о формировании гидрологического режима, сложившейся системе геострофических течений, вертикальной и горизонтальной структуре водных масс изучаемой акватории, состоянии кормовой базы. Эти данные практически использовались при реализации концепции развития лососеводства в Магаданском регионе, главным образом, благодаря экспедиционным научно-исследовательским работам (Ковалев, 1973; Чернявский и др., 1994). Однако, как показывает практика, применение одних методов судовых гидрологических наблюдений недостаточно, чтобы выявить мелко- и мезомасштабные явления в океане, и тем более оценить динамику происходящих океанологических процессов (Самко и др., 2005). Напряженное состояние ресурсов лососей Тауйской губы и нерезультативная работа рыбоводных заводов, мощный пресс браконьерства в настоящее время, показали неэффективность применяемых мер оперативного регулирования и охраны запасов. Это побуждает к проведению дополнительных исследований по поиску путей решения этой сложной проблемы, включая использование данных дистанционного зондирования Земли. Развитие новых информационных технологий на основе комплексного подхода и синтеза мультиспектральной спутниковой информации предлагает искать новые методы по оценке и установлению причинно-следственных природных связей, оказывающих влияние на выживаемость поколений лососей, и особенно, в наиболее критический - начальный морской период жизни. Одним из современных и перспективных методов является применение космических данных среднего пространственного разрешения 250-1 000 м КА AQUA, TERRA, оснащенных спектрорадиометром MODIS. При совместном использовании с альтиметрическими измерениями уровня моря оперативная спутниковая информация позволит эффективно оценить фоновые условия в период катадромной миграции лососей в прибрежье, выявить влияние неизвестных ранее или слабо изученных океанологических явлений. В частности, практическая реализация спутниковых исследований может служить отправной точкой для разработки рекомендаций по оптимизации рыбоводной деятельности на акватории Тауйской губы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для исследования океанологических условий в прибрежной части Тауйской губы 3-7 июня 2006 г. использовались данные 250-500-1000 м разрешения КА AQUA, TERRA (прибор MODIS, 1-2 уровня) видимого (композит 1-4-3 каналы) и дальнего ИК диапазона (каналы 31-32, длины волн 11-12 мкм) (Franz et al., 2006). Дополнительно, для выявления зон распространения речного стока применялся «красный» канал видимого спектра 667 нм, позволяющий оценить характер взвешенных наносов в прибрежной части морей и океанов (Буренков и др., 1997). Спутниковая информация оцифровывалась и графически визуализировалась при помощи программы обработки космических изображений ENVI 4.1 (RSI). В зависимости от выбранного разрешения, обработанные космические данные масштабировались, выявленные оптические и ИК неоднородности идентифицировались, определялись геометрические параметры объектов, для выявления особенностей температурного режима акватории построена карта пространственного распределения ТПМ километрового пространственного разрешения с 10 км масштабной сеткой. Скорость и направление поверхностных течений определялись по альтиметрическим наблюдениям за уровнем моря (композит-данные JASON 1, ERS, ENVISAT, GFO) по модели OCCAM (Fox et al., 2000). Общий подход к анализу космической информации видимого и ИК спектра реализовывался с использованием методики, принятой в ТИНРО-центре (Булатов, 1984).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В момент пролета спутника AQUA над районом исследований 3 июня 2006 г. в 2:20 UTC зафиксирована начальная фаза сброса паводковых вод р. Армань в Тауйскую губу (рис. 1). «Гидродинамическая труба» в начальный момент разбавления представляла собой одноосевой поток повышенной мутности, имевший вид «полуспирали» с характерной антициклонической направленностью потока в мористой части. Внешняя граница распресненных и мутных вод распространилась на удаление 12 500 м от берега, ширина зоны разбавления у берега составила около 7 500 м.

По данным анализа космической информации TERRA (MODIS) за 5 и 7 июня 2006 г. внешняя граница речных вод распространилась на удаление 16 625 м и максимальная ширина области распространения шлейфа составила в поперечнике 12 875 м (рис. 2). В отличие от одноосевой структуры, наблюдавшейся ранее, 7 июня спутник зарегистрировал образование двухосевой и более сложной структуры «гидродинамической трубы». В это время в центральных координатах 59°36'79 с.ш.-150°04'32 в.д. сформировался антициклон синоптического масштаба диаметром 5-6 км. В момент наблюдения ширина обеих осей с максимальной мутностью воды составляла 1 200-1 300 м. Интересно отметить, что между осями «гидродинамической трубы» в прибрежье на значительном удалении от берега прослеживается прослойка «чистой воды», ширина которой составляет около 800-1 000 м. Видимо, с наступлением момента максимального развития весеннего половодья и при сочетании определенных гидродинамических условий, сброс вод в море происходит с обоих устьев р. Армань, почти не смешиваясь между собой в прибрежной полосе. Потоки распространяются изолированно друг от друга на значительное удаление от берега, создавая дополнительные термические и соленостные контрасты в зоне гидрофронта. Под гидрофронтом в нашем случае принимается зона максимальных оптических (ИК) контрастов, разделяющих распресненные речные (с повышенной мутностью) и морские (более

прозрачные) воды, фиксируемые MODIS в видимом (ИК) диапазонах спектра. Создавая типичную антициклоническую ячейку за счет сходимости потоков «гидродинамической трубы» к центральной части воронки, выявленные динамические условия способствуют сносу и локализации мальков лососей в центральной области вихря. Крайне неблагоприятная ситуация может развиваться, когда период ската совпадает с развитием гидрологических условий по холодному типу (наличие ледовых полей, низкие температуры воды, слабая обеспеченность пищей). При сочетании комплекса таких факторов, активизация эффекта «гидродинамической трубы» может привести к повышенной смертности молоди лососей в начальный период жизни в море и появлению неурожайных поколений.



Рис. 1. Сброс речных вод из р. Армань в видимом диапазоне спектра (AQUA (MODIS), композит 1-4-3 каналы, 3 июня 2006 г., 2:20 UTC).

Fig. 1. Fresh water discharge from the Arman river in the visible spectrum range (Aqua (Modis, composite 1-4-3 channels), June 3, 2006, 2:20 UTC).

Дополнительно, для оценки распространения речных вод и развития продукционных процессов, использовался калиброванный «красный» канал нормализованной яркости восходящего излучения на длине волны 667 нм. Цветосинтезированное изображение изучаемой акватории приведено на рисунке 3. Анализ полученного снимка в данной области спектра показывает наличие ярко белой округлой засветки прибрежных вод в районе «гидродинамической трубы» р. Армань. Отчетливо фиксируется область выноса из Амахтонского залива распресненных вод с повышенной мутностью речной системы Яна-Тауй. В области серо-белой градации цвета на снимке, вероятно, отмечается скопление фитопланктона, который по выполненным ранее исследованиям, в июне обычно активно развивается на мористой границе распресненных вод в районах с повышенной соленостью, где его биомасса достигает максимальных значений – до 16 000 мг/м³ (Афанасьев и др., 1994).

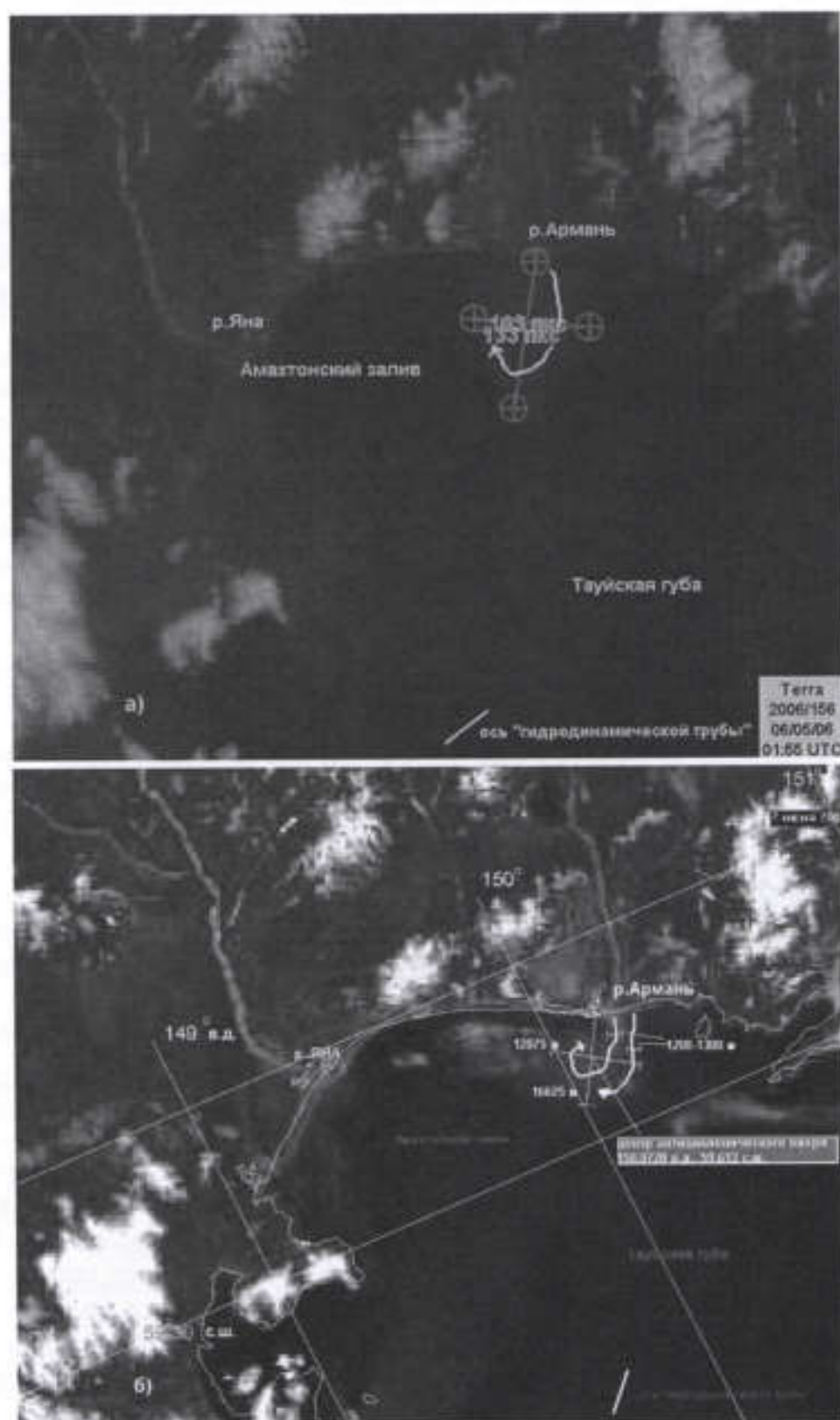


Рис. 2. Одно- и двухосевая «гидродинамическая труба» р. Армань в видимом диапазоне спектра (TERRA (MODIS), композит 1-4-3 каналы, 5 июня 2006 г., 1:55 UTC (а) и 7 июня 2006 г., 1:40 UTC (б)).
Fig. 2. Uniaxial and double-axis «hydrodynamic pipe» of the Arman river in the visible spectrum range (Terra (Modis), composite 1-4-3 channels, June 5, 2006, 1:55 UTC (a) and June 7, 2006, 1:40 UTC (b)).



Рис. 3. Распространение речных вод р. Армань и р. Яна (AQUA (MODIS), 5 июня 2006, 13 канал, длина волны 667 нм).

Fig. 3. Distribution of river water of the Arman river and Yana river (Aqua (Modis), June 5, 2006, channel 13, the wave length is 667 nm).

Другим маркером, отчетливо фиксирующим вихревую структуру «арманских» прибрежных вод и распространение «теплого» канала речных «янских» вод по Тауйской губе, является псевдоцветовой снимок «дневных» температурных каналов AQUA (MODIS) за 5 июня 2006 г. (рис. 4). Данные анализа ИК изображения километрового пространственного разрешения подтверждают наличие спиралевидной антициклонической циркуляции и наличие узкого потока вод, вытекающего из р. Армань, также отмечается транзит «янских» вод в направлении Мотыклейского залива.

Более детальная структура температуры на поверхности моря (ТПМ) и фронтальные разделы зоны соприкосновения речных и морских вод в западной части Тауйской губы с 10 км масштабной сеткой приведены на рисунке 5. Параметры «арманских» вод хорошо идентифицируются в дальнем ИК диапазоне спектра (длина волны 11-12 мкм). Температура стресса распресненных вод составляет около 7 °С и с восточной стороны потока отмечается гидрофронт с наиболее значительным горизонтальным градиентом температуры около 0,1-0,3 °/км. Поток речных вод, направленный из р. Яна, также хорошо прослеживается на оцифрованном ИК снимке и распространяется вдоль берега в сторону о-ва Спафарьева, подворачивая в Мотыклейский залив. Температура поверхностной микропенки струи «янских» вод составляет около 10 °С. На границах опресненных вод в районе гидрофронта наблюдаются значительные горизонтальные термические градиенты до 0,3-0,5 °/км.



Рис. 4. Транзит речных вод в дальнем ИК-диапазоне спектра (AQUA (MODIS), 5 июня 2006 г.).
Fig. 4. River water transit in the far IR-spectrum range (Aqua (Modis), June 5, 2006).

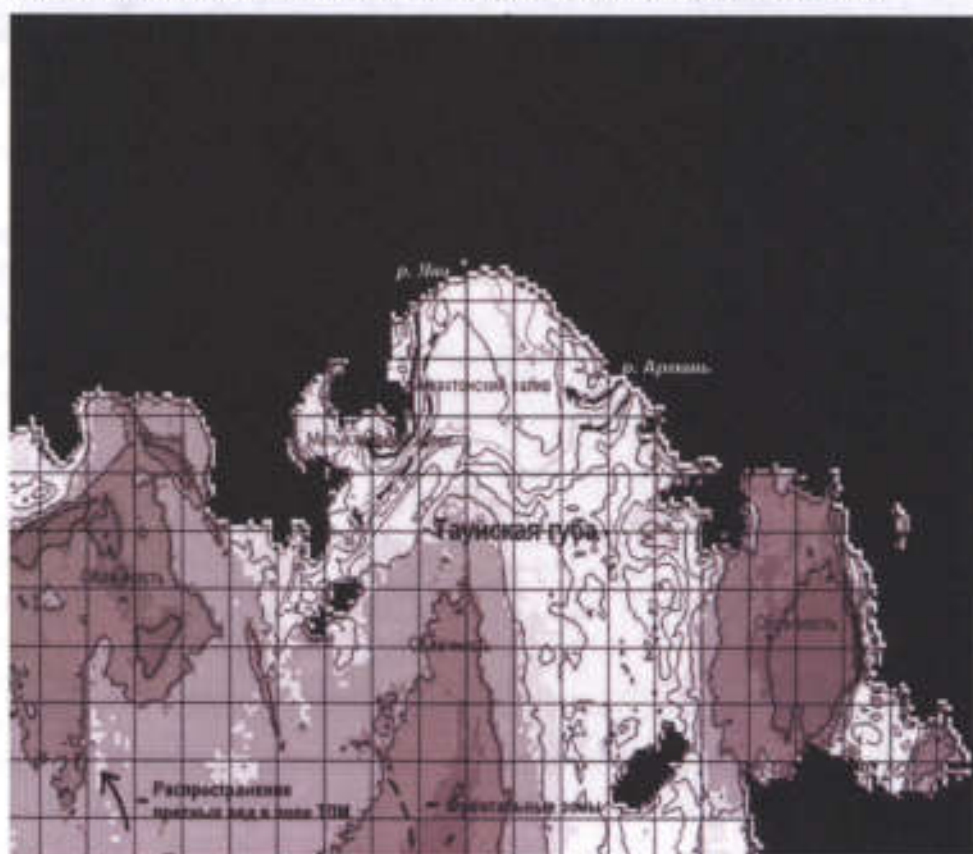


Рис. 5. ТПИ AQUA (MODIS, каналы 31-32), 4 июня 2006 г.
Fig. 5. SST Aqua (MODIS, 31-32 channels), June 4, 2006.

Для характеристики динамических условий в западной части Тауйской губы, складывающихся в середине первой декады июня, использовались композит-данные спутниковой альтиметрии, численно реализованные в модели OCCAM (рис. 6). В момент усиления транзита паводковых вод в прибрежье на исследуемой акватории произошло общее повышение уровня моря в Амахтонском заливе с положительной аномалией до +45 дин. см по сравнению с центральной частью Тауйской губы. Минимум уровня, рассчитанный относительно среднего уровня геоида наблюдался в районе о. Завьялова и составил -15 дин. см. Расчеты поверхностных геострофических течений на створе «гидродинамической трубы» р. Армань (по данным аномалий уровенной поверхности) подтвердили наличие антициклонической направленности поверхностных потоков со скоростями около 20-30 см/сек. Общая схема циркуляции в прибрежье, полученная по альтиметрическим наблюдениям, хорошо согласуется с приведенными выше схемами распространения речных вод в видимом и ИК-спектральных диапазонах.

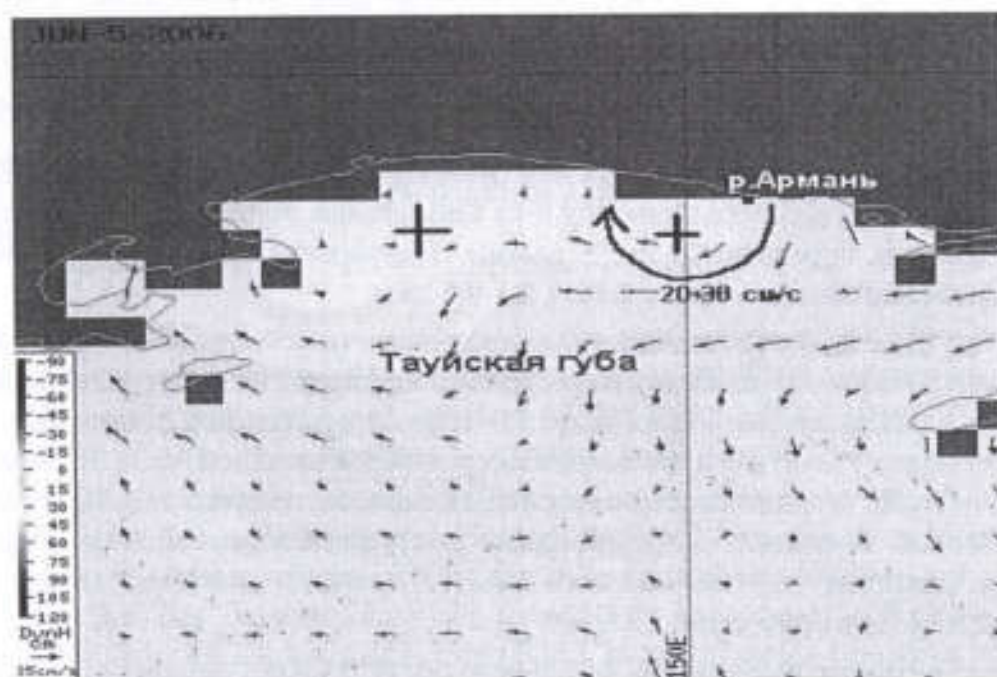


Рис. 6. Геострофические скорости поверхностных потоков по данным измерений уровня моря 5 июня 2006 (композит JASON 1, ERS, ENVISAT, GFO).

Fig. 6. Geostrophical speeds of surface flows based on the data of the sea level measurement from June 5, 2006 (composite Jason 1, ERS, ENVISAT, GFO).

Помимо известного случая локализации стока р. Армань ветвью Ямского течения, заходящего в Тауйскую губу, выявленный эффект «гидродинамической трубы», видимо, является одним из основных природных механизмов, наблюдаемый в прибрежных районах лососевых рек в западной части Тауйской губы и влияющий на выживаемость лососей в начальный морской период жизни. Применение мультиспектральных данных дистанционного зондирования высокого пространственного разрешения (в сочетании с альтиметрической информацией) позволяет получать качественно новую и более детализированную информацию о состоянии и гидрологической структуре водных экосистем в прибрежных районах северной части Охотского моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа данных дистанционного зондирования в первой декаде июня 2006 г. сток рек в западной части Тауйской губы, формирующийся в период весеннего половодья, приводит к повышению уровня моря и характерному антициклоническому типу циркуляции.

Мощный сброс вод р. Армань в прибрежье приводит к образованию эффекта «гидродинамической трубы», который в момент максимального развития представляет узкий одно- или двухосевой поток шириной 1 200-1 300 м в видимом диапазоне спектра. Поток с геострофическими скоростями около 30 см/сек распространяется непосредственно в открытую часть Тауйской губы на расстояние до 12-16 км.

Вследствие общего антициклонического характера вращения вод в западной части Тауйской губы поток распресненных речных вод, направленный в море из р. Армань, приобретает вид локального антициклонического вихря с центральными координатами 59°36'79 с.ш.-150°04'32 в.д., геометрические размеры которого составляют в поперечнике 5-6 км. Параметры вихря хорошо идентифицируются в дальнем ИК-диапазоне спектра (длина волны 11-12 мкм), с восточной стороны потока отмечается гидрофронт с наиболее значительным горизонтальным градиентом температуры около 0,1-0,3 °/км.

Поток речных вод, направленный из р. Яна, хорошо прослеживается на ИК снимке и распространяется вдоль берега в сторону о-ва Спафарьева, подворачивая в Мотыклейский залив. На границах опресненных вод в районе гидрофронта наблюдаются значительные горизонтальные термические градиенты – 0,3-0,5 °/км.

Эффект негативного воздействия «гидродинамической трубы» на мальков лососей можно свести к быстрому их сносу из р. Армань непосредственно в район выявленного антициклона и в силу динамических условий – к пространственной локализации в данной ячейке циркуляции. Развитие гидрологических условий в западной части Тауйской губы по холодному типу лет (низкие температуры воды и наличие ледовых полей) в период ската молоди лососей замедляет формирование доступной комовой базы, что помимо воздействия температурно-соленостного стресса, является дополнительным фактором элиминации молоди в прибрежье.

Более благоприятные условия начального периода жизни складываются для мальков лососей р. Яна, так как выявленное по данным спутников распространение речных вод предполагает смещение молоди рыб в сторону более мелководных, прогретых и кормных западных берегов Амахтонского залива и далее – в район Мотыклейского залива.

Рассмотренное выше явление представляет интерес, прежде всего с точки зрения объяснения причинно-следственного механизма влияния сброса речных вод непосредственно в открытое море на урожайность поколений лососей и возможности проведения компенсационных мероприятий по воспроизводству с целью минимизации воздействия выявленных неблагоприятных условий среды на индустриальные популяции лососей р. Армань.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев Н.Н., Михайлов В.И., Чевризлов Б.П., Карасев А.Н. Условия формирования, структура и распределение кормовой базы молоди лососевых рыб в Тауйской губе Охотского моря // Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе. СПб.: Изд-во ГОСНИОРХ, 1994. Вып. 308. С. 25-41.

Булатов Н.В. Рекомендации по использованию спутниковых ИК-снимков в океанологических исследованиях. Владивосток: ТИНРО, 1984. 44 с.

Буренков В.И., Васильков А.П., Романов А.А. Перспективы использования дистанционных оптических методов для индикации скоплений придонных водорослей. Сб.: Дистанционные методы мониторинга промысловых районов мирового океана в задачах информационной поддержки отраслевой научно-производственной деятельности. М: ВНИРО, 1997. С. 131-139.

Ковалев А.Д. Соленость вод Тауйской губы и Притауйского промыслового района в летний период // Изв. ТИНРО. 1973. Т. 86. С. 56-65.

Самко Е.В., Булатов Н.В. Основные направления применения спутниковых данных в рыбохозяйственных исследованиях ТИНРО-центра // Изв. ТИНРО-центра. 2005. Т. 141. С. 121-134.

Чернявский В.И., Радченко. Я.Г. Физико-географическая характеристика Тауйской губы Охотского моря // Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе. С.-Пб.: Изд-во ГОСНИОРХ. 1994. Вып. 308. С. 10-24.

Fox A., Haines K., De Cuevas B., Webb D. Altimeter Assimilation in the OCCAM Global Model, Part II: TOPEX/POSEIDON and ERS1 Data // Journal of Marine Systems. 2000. №26. Pp. 323-347.

Franz B.A., Werdell P.J., Meister G., Kwiatkowska E.J., Bailey S.W., Ahmad Z., McClain Ch.R. Modis land bands for ocean remote sensing applications // Proc. Ocean Optics XVIII. Montreal. Canada. 9-13 October 2006. P. 16.

«HYDRODYNAMIC PIPE» EFFECT RESEARCH IN THE WESTERN PART OF THE TAUU BAY USING SATELLITE METHODS

© 2009 y. V.B. Tyurnin

The Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography, Magadan

As the result of the complex study of multispectral satellite information it was possible to reveal a huge fresh water withdrawal of the Arman River which was directed into the open part of the Tauu Bay. The anticyclonic eddy formed in the period from the 3rd till the 7th of June, 2006 under the «hydrodynamic pipe» effect. In case of «cold» type water regime development the similar situation in the catadromous migration period of young salmon may lead to elimination increase and generations with low-yield. The examined natural product, perhaps, is one of the «main» factors which influence the formation of the number of salmon generation in the Arman River.