
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАЮЩЕГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

УПРАВЛЕНИЕ ПРИЛИВО-ОТЛИВНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ НА ТРЁХ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ С САМЫМИ ВЫСОКИМИ АМПЛИТУДАМИ В МИРЕ

Н.Дж. Баркер, В.Е. Кириченко***

**Severn Estuary Partnership, School of Earth, Ocean & Planetary Sciences,
Main Building, Cardiff University, Park Place, Cardiff CF10 3YE, UK*

***Камчатский филиал Тихоокеанского института географии (КФ ТИГ)
ДВО РАН/Камчатская лига независимых экспертов (РОО КЛиНЭ),
Петропавловск-Камчатский*

Обоснование. Человек и ответная реакция природы на изменение береговых линий в районах с самыми высокими амплитудами приливо-отливных процессов в мире были темой исследования по Стипендии Уинстона Черчилля (a Winston Churchill Fellowship), начатого Н.Дж. Баркер в 2006 г. В ходе работ ею оценены современные подходы к управлению прибрежными территориями вокруг эстуария реки Северн (Severn Estuary) в Великобритании (приливы 14 м), а также две другие береговые линии, характеризующиеся самыми высокими амплитудами приливов в мире – залив Фанди (Fundy), Новая Шотландия и Нью-Брансуик в Канаде (приливы 16 м) и Пенжинская губа в Охотском море, Россия (приливы 13 м). Количественная оценка, присвоенная этим трём местам, приближается к максимальным оценкам амплитуд приливов. Самая высокая зарегистрированная амплитуда прилива, отмеченная в Бёрнкот

Хэд (Burncoat Head) в Минас Базин (Minas Basin) залива Фанди в Канаде, составляет 16,27 м.

Задачи. Изменения в прибрежной среде обитания, вызванные влиянием высоких амплитуд приливов, и воздействие, которое они оказывают на жизнь людей, изучались посредством полевых экспедиций и работы с организациями, ответственными за управление и изучение ресурсов. Рассматривались три направления исследований:

1. Управление землепользованием в ответ на риск со стороны прилива и притока приливной волны. Из-за изменения климата увеличивается давление на литоральные местообитания с повышением уровня моря и риском утраты среды обитания и видов из-за сжатия прибрежных зон (вызванного увеличением уровня моря в ответ на строительство прибрежной защиты, которая не позволяет литоральным местообитаниям продвигаться внутрь материка, приводя к утрате литоральной зоны). На экономически развитых побережьях, особенно в Великобритании, всё большую важность приобретают планы управления прибрежными территориями и береговыми линиями для руководства политикой местного планирования.

2. Возможности для возобновляемой энергетики, использующей силу прилива. Также из-за изменения климата растет политическое внимание, направленное на возможности для развития возобновляемой энергетики. Энергетические станции, использующие силу приливов, могут обеспечивать полезный источник энергии, но это относительно новые технологии. Было бы полезным обмениваться знаниями и информацией между местами с похожими характеристиками и потенциалом для производства приливной энергии.

3. Информированность граждан и маркетинг феномена прилива. Знание людьми такого явления как прилив, вероятно, повлияет на модели развития и устойчивого использования ресурсов эстуариев. Экономика может поддерживаться за счет продвижения развития туризма вокруг такого явления как прилив. Новая Шотландия и Нью-Браунсвик усиленно предлагают использование прилива для туристической деятельности – со сплавом по приливным валам и местами для наблюдения, приливными шлейфами, местами для посетителей и ведения разъяснительной работы, включая международную известность для продвижения «прогулок по океанскому дну». В местах исследования в Великобритании или России туризм, использующий прилив, не развивается. Обмен опытом и маркетинг технологий из Канады может предоставить хорошие возможности для повышения информированности граждан о таком явлении как прилив и может быть полезным для развития туристического потенциала.

Эстуарий Северн (Severn Estuary), Великобритания. Занимает второе место в мире среди районов с максимальной амплитудой прилива, иногда достигающего свыше 14,5 м. Это самая протяженная река в Великобритании длиной 354 км и самая большая береговая прибреж-

ная равнина площадью 557 км², включая литоральную территорию размером 100 км². Эстуарий между Глостером (протяженность вверх по течению) и Уэстон-Сьюпер-Мэр (протяженность вниз по течению) составляет в устье приблизительно 115 км в длину и 15 км в ширину. Он связывает Англию и Уэльс – от города Глостер в Англии до городских районов Ньюпорта и Кардиффа в Уэльсе, и Уэстон-сьюпер-Мэр и Майнхэд в юго-западной Англии. При удлинении в направлении моря к нему присоединяется Бристольский пролив (80 км шириной между Дэвоном и Пембрукширом) и литоральная среда обитания, состоящая из заиленных участков, песчаных отмелей, скалистых оснований, островов и солончаков. Таким образом, эстуарий Северн является одним из крупнейших и наиболее важных в Британии, занимая 2 000 км². Северн Бор (The Severn Bore) – приливная волна, которая может достигать 2 м в высоту, образуется в самых нижних пределах реки Северн во время высоких приливов и может перемещаться на 25 км вверх по реке, достигая Глостера. Мировой рекорд по продолжительности скольжения на сёрфе в 7,6 мили был поставлен на Северн Бор в марте 2006. Необычайно высокая амплитуда прилива и воронкообразная форма берега делает эстуарий Северн уникальным местом в Британии и редким по масштабам Европы.

Залив Фанди (Fundy), Канада. Известен самыми высокими приливами в мире, с зарегистрированной амплитудой прилива в 16,3 м. Залив охватывает 2 745 км морского побережья между Нью-Браунсвик и Новой Шотландией в восточной Канаде. Каждый день 100 миллиардов тонн воды втекает и вытекает в залив Фанди за один цикл прилива, что по оценкам специалистов составляет больше, чем суммарный суточный расход всех пресноводных рек мира. Залив Фанди равен 270 км в длину, представляет собой воронкообразную бухту с прямыми сторонами (сходен с эстуарием Северн) с устьем в 80 км шириной и мысом, который разделяет его на две узкие бухты – Чигнекто Бэй (Chignecto Bay) и Минас Базин (Minas Basin). В Минас Базин происходят самые высокие приливы в восточной оконечности залива Фанди. Основной причиной огромных приливов является резонанс системы залива Фанди и залива Мэн, которая эффективно ограничена с внешней стороны континентальным шельфом, с увеличением его в глубину приблизительно 40:1. Максимально высокие приливы отмечены в северо-восточном конце залива, поскольку земля в Северном полушарии крутится против часовой стрелки. Приливы в заливе образуют боры, пороги и водовороты. Первые из них формируются там, где наступающий прилив сталкивается на своем пути вверх по течению с идущим навстречу потоком из рек Санта-Крус (St. Croix), Миандер (Meander), Shubenacadie (Shubenacadie) и Сэлмон (Salmon).

Пенжинская губа, Россия. Одни из самых высоких приливов в мире зарегистрированы в Охотском море, на северо-востоке России. Здесь отмечена амплитуда прилива в 13,9 м (Ковалик, 2004), что характеризует это место как участок с самой высокой амплитудой прилива в России

(Исачев, 2006). Как и в случае с приливами в заливе Фанди и эстуарии Северн, распространение прилива происходит от бухты Шелихова в устье к верховью этого воронкообразного эстуария, известного как Пенжинская губа. Аналогично форме залива Фанди, верхняя часть Пенжинской губы расщепляется на две узкие бухты между реками Пенжина и Таловка.

По оценкам, около 3 млн человек живут вокруг эстуария Северн в Великобритании; приблизительно 300 тыс. – вокруг залива Фанди в Канаде; и только менее 3 тыс. человек проживает вокруг Пенжинской губы в России. С населением примерно 1 % Пенжинская губа представляет собой контрольный участок, сравнимый с эстуарием Северн, поскольку оба являются эстуариями с похожими размерами и амплитудами приливов. Это дает возможность оценить, как человек живет и работает в условиях приливов и использует приливо-отливные явления в повседневной жизни.

Поездка в Пенжинскую губу состоялась благодаря финансовой поддержке Winston Churchill Memorial Trust, предоставивший в 2006 г. Н.Дж. Баркер стипендию для поездки по проекту «Управление приливо-отливными изменениями». Во время планирования поездки многие люди из России, Великобритании и Аляски давали советы и предоставляли контактную информацию. Подготовительная работа помогла определить, что легче всего будет добраться до п. Манилы, в устье реки Пенжина, из Петропавловска-Камчатского. Первоначально поездка планировалась из Магадана, но существовала большая неопределенность по поводу возможности полетов или морского сообщения по маршруту Магадан–Манилы–Каменское.

Поездка авторов в Пенжинскую губу в июле 2007 г. длилась в течение трех недель. Рисунок 1 иллюстрирует маршрут и способы передвижения до Пенжинской губы, а рисунок 2 показывает районы, которые посетили авторы вдоль реки Пенжина и в Пенжинской губе. Перелет был совершен на рейсовом самолете Л-410 из Петропавловска-Камчатского в п. Тилички и спустя 6 дней оттуда на рейсовом вертолете МИ-8 в п. Каменское. Сначала авторы попытались добраться до п. Манилы на грузовой барже по реке Пенжина, но из-за медленного течения реки и малой воды на полдня баржа застряла на песчаной отмели. Затем Пенжинской администрацией был предоставлен автомобильный транспорт УАЗ-469, чтобы добраться до п. Манилы. График поездки совпал с происходящей несколько раз в году доставкой грузов на корабле «Крашенинников» из Петропавловска-Камчатского в Манилы. Это оказалось подходящей возможностью для авторов вернуться в Петропавловск по морю, следуя непосредственно через акваторию Пенжинской губы и Охотское море.

Большая часть Пенжинской губы расположена в пределах Камчатского края, меньшая – в Магаданской области (рис. 1). Материально-техническое и информационное обеспечение на месте было предоставлено

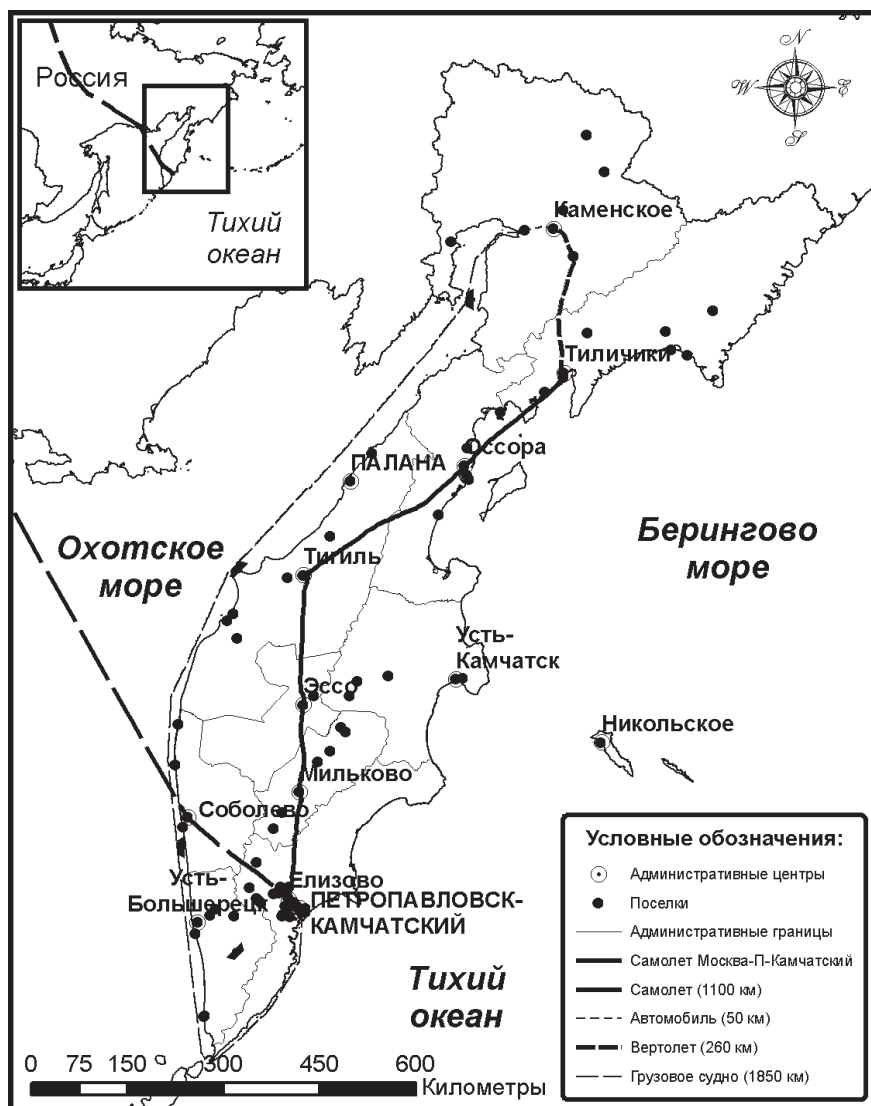


Рис. 1. Маршрут совместной экспедиции в Пенжинскую губу

Камчатским филиалом Тихоокеанского института географии ДВО РАН и Камчатской лигой независимых экспертов (О.А. Чернягина), Diligens Kamchatks (Марта Мэдсон), Всемирным Фондом Охраны Природы (Лора Вильямс и Василий Спиридонов) и Пенжинской администрацией (Игорь Синицкий). В Тиличихах транспорт и проживание организовано Игорем Синицким из Пенжинской администрации (который обеспечил официальное приглашение Н.Дж. Баркер для получения разрешения на поездку).

По результатам недельного пребывания в Каменском и Манилах наблюдения за характером приливов включают следующее:

- Приливо-отливное влияние распространяется из Охотского моря в Пенжинскую губу и вверх по реке Пенжина на 50 км от п. Манилы в сторону п. Каменское.
- Приливо-отливная амплитуда, похоже, аналогична эстуарию Северн в Великобритании, но полусуточная модель прилива делает его высокие амплитуды в Пенжинской губе менее регулярными по сравнению с эстуарием Северн.

- Климатические крайности в районе Пенжина, примерно от 45 °С в середине зимы до +30 °С летом, означают, что береговая линия подвержена более быстрым темпам эрозии/наслоения.
- Природная окружающая среда находится в нетронутом состоянии по сравнению с эстуарием Северн и заливом Фанди. Показателями здоровья экосистемы являются ссылки на более чем один миллион мигрирующих птиц (Ю.Н. Герасимов, личное сообщение) и 500 китов-белух, сделанные местными жителями и специалистами.
- Обширный ландшафт, состоящий из илистых отмелей, маршевых лугов, и скалистая береговая линия мало изучены в условиях низкого и убывающего уровня населения, сосредоточенного в нескольких поселках.
- Русская колонизация повлияла на культуру коренных народностей, особенно в течение последних 50 лет, и в настоящее время существует мало свидетельств корякских традиций, кроме относительно хорошо представленных в местных музеях в библиотеке п. Каменское и школе п. Манилы.
- Люди живут ближе к приливам, завися от них для рыболовства, топлива и транспорта. Образ жизни людей имеет похожие характеристики с натуральным образом жизни, который вели люди вокруг эстуария Северн сотни лет назад, что иллюстрирует, например, использование ставных сетей для ловли рыбы с берега и неводов для ловли рыбы с небольших лодок.
- Отсутствует мелиорация земли для сельского хозяйства, и (как результат) никаких инженерных сооружений для защиты от приливов.

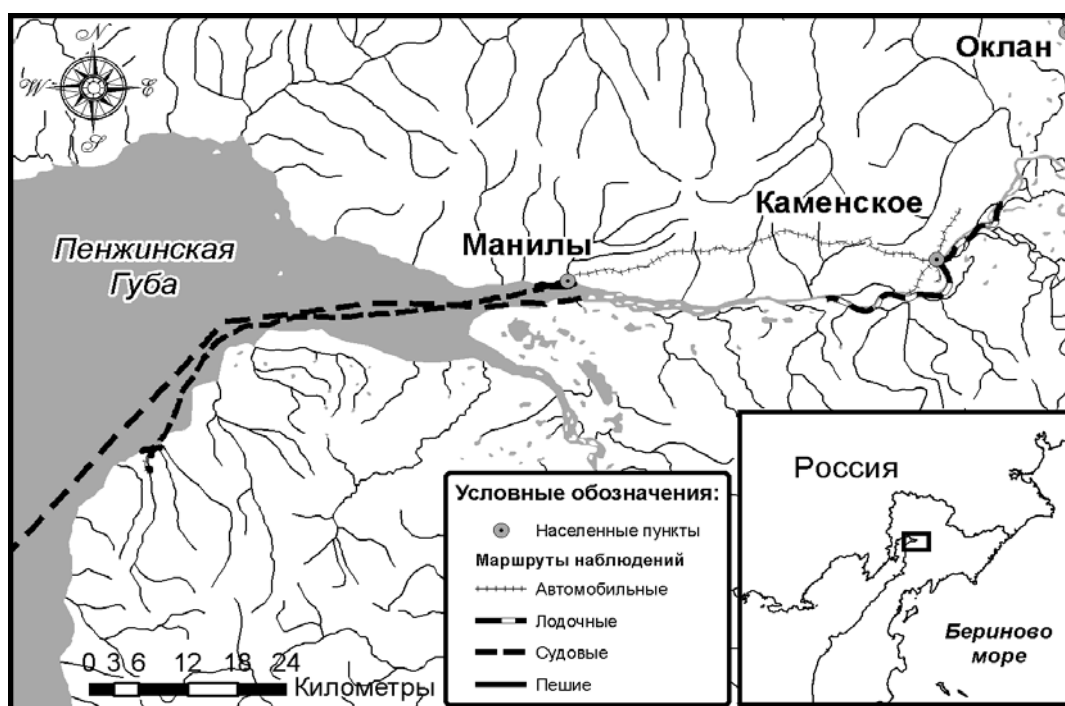


Рис. 2. Пенжинская губа

Поселки расположены за пределами береговой линии (около 100 м), поэтому затопление и эрозия не представляют сиюминутную угрозу для людей и их собственности. Только несколько домов, построенные ближе к скалам, проявляют признаки неустойчивости.

- Вокруг Пенжинской губы перемещаются пароходы и баржи, и они в большой степени зависят от прилива. Корабли передвигаются во время полной воды, во время отлива высаживаются на берег для разгрузочно-погрузочных операций и отплывают вместе с приливом. Это было очевидно во время поездки на барже из п. Каменское в п. Манилы и поездки на угольной барже до угольного карьера на юго-восточном побережье Пенжинской губы. Здесь очень мало навигационных вспомогательных средств, и единственной инфраструктурой является заправочная база прямо к северу от п. Манилы. Отсутствуют доки, более крупные суда стоят на якоре в 30 км от берега. Динамичные прибрежные процессы, особенно в течение зимы, когда река и эстуарий находятся подо льдом до 8 месяцев в году, надо думать, были бы слишком разрушительны для пирсов и портов.

- Среди местных рыбаков, капитанов барж и охотников неизвестно о существовании высоких приливных боров на реке Пенжина. Ещё меньше людей имеют такую информацию по реке Таловка и возможности приливных боров на других притоках, впадающих в Пенжинскую губу.

После завершения основным автором поездок в залив Фанди (июль, 2006 г.) и Пенжинскую губу (июль, 2007 г.), по трём темам исследования «Управление приливо-отливными изменениями» можно сделать следующие наблюдения.

Управление рисками от приливов. Под воздействием изменения климата, с повышением уровня моря и возросшим количеством штормов, вероятно, растет темп изменения береговой линии в прибрежной среде обитания. Приблизительно 80 % береговой линии вокруг эстуария Северн и залива Фанди уже изменено искусственными защитными сооружениями или насыпями, чтобы осушить землю для сельского хозяйства. В условиях высокой концентрации населения, живущего в пределах нескольких миль побережья вокруг эстуария Северн, необходимо найти решения для защиты от приливов и защиты побережья в будущем. Подходы по управлению риском со стороны прилива и проблемами побережья в Великобритании представляют потенциально полезную информацию для политики и практики управления проблемами побережья в Канаде. Наглядное наблюдение естественного, ничем не ограниченного влияния прилива вокруг Пенжинской губы дает понимание того, как можно было бы применить более глобальный подход к управлению рисками со стороны прилива в районах, находящихся под прессом индустриального развития вокруг залива Фанди и эстуария Северн. Влияние прилива на небольшие и отдаленные сообщества в России показывает, что люди строят свою жизнь как можно ближе к приливному циклу, да-

вая возможность увидеть, как должны были бы выглядеть ландшафты Британии и Канады до заселения их людьми.

Возобновляемая энергетика. Потенциал производства электроэнергии от приливов находится в центре внимания как источник возобновляемой энергетики. Эстуарии и прибрежные районы, где происходят самые высокие приливы, вполне вероятно могут обеспечивать значительные возможности для производства электроэнергии от прилива. Несмотря на то, что технологические решения относительно молодые, есть несколько примеров существующих схем приливной энергетики. Приливная энергетическая станция Аннаполис Роял (the Annapolis Royal) в Новой Шотландии дает полезную информацию, чтобы помочь в изучении недавно возрожденного интереса к предложению по строительству плотины Северн (Severn Barrage). Залив Фанди и эстуарий Северн являются ведущими районами для разработки технологий приливной энергетики. Был признан потенциал для производства электроэнергии от прилива в заливе Шелихова и Пенжинской губе в Охотском море (Бернштейн и др., 1996; Ковалик, 2004; Ковалик, Поляков, 1998; Исачев, 2006), но близость от снабжения до потребления делает в настоящее время использование приливной энергии маловероятным.

Маркетинг прилива. Многие организации вокруг залива Фанди пользуются высокими приливами, чтобы развивать туризм. Для привлечения посетителей широко используется Интернет для рекламы такого феномена, как самый высокий прилив в мире. Для сравнения – эстуарий Северн с максимальным приливом в Европе мог бы аналогично рекламироваться более широко. Известно, что Северн обладает вторым по высоте приливом в мире. Каждый год Северн Бор происходит в определенное время. Однако прилив рекламируется гораздо менее широко для привлечения посетителей, и многие местные жители никогда не видели приливных боров. Эпизодические свидетельства позволяют предположить, что приливные боры отсутствуют в Пенжинской губе, имеющей схожие характеристики с тем, что существуют вокруг эстуария Северн и залива Фанди. Отдаленность данного района северной Камчатки также ограничивает возможности для развития этого вида туризма.

Выводы. Существует ряд ценных сравнений, которые можно сделать между прибрежными территориями, где происходят самые высокие приливы в мире. Изучение эстуария Северн в Великобритании, залива Фанди в Канаде и Пенжинской губы в России позволило сравнить подходы к управлению рисками со стороны приливов, потенциал для развития приливной энергетики и маркетинг приливов для развития туризма.

Наблюдение за тремя эстуариями с различным масштабом индустриального развития иллюстрирует, какое влияние оказало заселение людьми побережий и как люди управляли приливо-отливными изменениями. Пенжинская губа является отличным контрольным участком чтобы увидеть, как выглядит естественная экологическая система, когда она не

ограничена береговыми защитными сооружениями и осушением земель. Это дает глобальную перспективу, которая может руководить будущим устойчивым управлением индустриально-развивающихся эстуариев, включая решения о возможности производства электроэнергии, использующего приливы.

Люди, похоже, менее осведомлены о таком явлении, как прилив в местах с более высокой плотностью населения. Однако есть признание ценности самых высоких приливов в мире вокруг залива Фанди, которое используется для содействия развитию туризма через широко развернутую разъяснительную работу. Это будет обеспечивать полезный опыт для повышения осведомленности людей о ценности эстуария Северн.

Как результат настоящего исследования, уже происходит обмен информацией и контактами между эстуарием Северн и заливом Фанди. Исследование стало возможным благодаря гранту а Winston Churchill Memorial Trust Fellowship, полученному в 2006 г., и должно быть завершено к концу 2007 г. Полные результаты этого проекта можно получить из отдельных отчетов, имеющихся у авторов.

ЛИТЕРАТУРА

Бренштейн Л.Б., Силаков В.Н., Усачев И.Н. и др. 1994. Приливные электростанции. М.: Ин-т Гидропроект. 444 с.

Исачев И.Н. 2006. ОАО «НИИЭС» Энергия морских приливов на Камчатке (Проект Пенжинской ПЭС) // Развитие возобновляемых источников энергии в России (на примере Камчатской области). М.: Greenpeace. С. 33–37.

Barker N.J. 2005. Estuary Management in Practice: Geography in Action // Royal Geographical Society/Institute of British Geographers Annual Conference, September 2005.

Barker N., Bosch R., Lisovskaya V., Shuisky Y., Taussik J., Tsokur A. 2004. Developing Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in Ukraine to Optimise Long Term Economic Opportunities: Tiligul Liman, NW Coast of the Black Sea // Black Sea Ecologica. Bull. № 2 (12). Odessa.

Barker N.J., Lisovskaya V. et al. 2002. Introduction to Integrated Coastal Zone Management in Ukraine in The Changing Coast // Proceedings of the Littoral 2002 conference – EUCC, Eurocoast Portugal.

Kowalik Z. 2004. Tide distribution and tapping into tidal power // Oceanologia. 46 (3).

Kowalik Z., Polyakov I. 1998. Tides in the Sea of Okhotsk // Journal of Physical Oceanography. (28). P. 1389–1409.

McGlashan D.J., Barker N.J. 2005. The Partnership Approach to Integrated Coastal Management in Britain // In: Hance D. Smith and Jonathan S. Potts, Managing Britain's Marine and Coastal Environment – Towards a Sustainable Future. Routledge and the National Maritime Museum.

Websites:

www.bayoffundytourism.com/ecozones/highesttides.php

www.valleyweb.com/fundytides/

www.severnestuary.net/sep

www.sfos.uaf.edu/directory/faculty/kowalik

www.en.wikipedia.org/wiki/River_Severn#Severn_estuary

www.russia-ic.com/news/show/929 *Russian power plants soon to utilise tidal energy* 24.06.05.

MANAGING TIDAL CHANGE IN THREE COASTAL AREAS WITH THE HIGHEST TIDAL RANGES IN THE WORLD

N.J. Barker* & V.Y. Kirichenko**

**Severn Estuary Partnership, School of Earth, Ocean & Planetary Sciences, Cardiff University, UK*

***Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography (KB PIG) FED RAS / Kamchatka's regional non-government organization "Kamchatka League of Independent Experts", Petropavlovsk-Kamchatsky*

Background. Managing tidal change: man and nature's response to changing shorelines with the highest tidal ranges in the world, was the subject of a Winston Churchill Fellowship initiated by Natasha Barker during 2006. Current approaches to coastal management around the Severn Estuary in UK (14m tides) were assessed alongside two other coastlines experiencing some of the highest tidal ranges in the world; the Bay of Fundy, Nova Scotia & New Brunswick in Canada (16 m tides); and the Penzhinskaya Guba in the Sea of Okhotsk, Russia (13 m tides). Figures quoted for tides at these three sites are the approximate highest tidal ranges. The highest recorded tidal range in the world is 16.27 m measured at Burntcoat Head in the Minas Basin in the Bay of Fundy, Canada.

Objectives. Changes to the coastal environment caused by the influence of high tidal ranges and the affect this has on people's lives were studied through field visits and working with organisations responsible for resource management and research. Three strands of investigation were considered:

1. Land use management in response to flood risk and tidal surge. Due to climate change there is increasing pressure on inter-tidal habitats with sea level rise and the risk of habitat and species loss due to coastal squeeze (caused by increasing sea levels against coastal defences which don't allow inter-tidal habitats to migrate inland, resulting in a loss of inter-tidal area). On developed coastlines, particularly in the UK, coastal and shoreline management plans are becoming increasingly important to guide local planning policy.

2. Opportunities for renewable energy using tidal power. Also due to climate change, there is increasing political attention towards opportunities for renewable energy. Tidal power plants could provide a useful source of energy, but technologies are relatively young. There would be value in the sharing of knowledge and information between sites with similar characteristics and potential for tidal power generation.

3. Public awareness and marketing of tidal phenomena. Peoples awareness of the tide is likely to influence development patterns and sustainable resource use from the estuary. The economy may be supported through promoting tourism around tidal phenomena. Nova Scotia and New Brunswick strongly market the tide for tourism, with a tidal bore rafting and viewing

sites, tidal trails, visitor and interpretation sites including an international reputation for promoting 'walks on the ocean floor'. Tidal tourism is not promoted at the study sites in the UK or Russia. Sharing experience and marketing techniques from Canada may offer useful opportunities for raising public awareness of the tide and for the development of tourism potential.

Severn Estuary, UK. The Severn Estuary has recorded the 2nd highest tidal range in the world, on occasions in excess of 14.5 m. It is Britain's longest river at 354 km (220 miles) and largest coastal-plain estuary with an area of 557 km² including an intertidal area of 100 km². The estuary between Gloucester (upstream extent) and Weston-Super-Mare (downstream) is approximately 115 km (90 miles) long and 15 km (10 miles) wide at its mouth. It spans England and Wales from the city of Gloucester in England to the urban areas of Newport & Cardiff in Wales and Weston-Super-Mare and Minehead in South-West England. When its seaward extension, the Bristol Channel (80 km wide between Devon & Pembrokeshire) is included, the inter-tidal habitat of mudflats, sand banks, rocky platforms, islands and salt-marsh is one of the largest and most important in Britain, occupying an area of around 2000 km². The Severn Bore, a tidal wave which may reach 2m in height forms in the lower reaches of the River Severn during high tides and can travel up to 25 miles upstream as far as Gloucester. The world record for the longest surf-ride, of 7.6 miles, was made on the Severn Bore in March 2006. The extremely high tidal range and funnel shape of the coast make the Severn Estuary unique in Britain and rare on a wider European scale.

Bay of Fundy, Canada. The Bay of Fundy is known to experience the highest tides in the world with a 16.27 m tidal range recorded. The Bay encompasses 2745 km of salt water coast between New Brunswick and Nova Scotia in eastern Canada. Each day 100 billion tones of water flows in and out of the Bay of Fundy during one tide cycle, which is said to be equivalent to more than the combined flow of the worlds' freshwater rivers. The Bay of Fundy is 270 km long, straight-sided and a funnel-shaped bay (like the Severn Estuary) with an 80km wide mouth and a head which is split into two narrow bays; Chignecto Bay and the Minas Basin. The Minas Basin experiences the highest tides at the eastern extremity of the Bay of Fundy. The primary cause of the immense tides is the resonance of the Bay of Fundy-Gulf of Maine system which is effectively bounded at the outer end by the edge of the continental shelf with its approximately 40:1 increase in depth. The highest tides occur in the north-east end of the Bay because earth rotates counter-clockwise in the northern hemisphere. The Bay's tides causes large tidal bores, rapids and whirlpools. Bores form where the incoming tide pushes its way upstream against the outgoing flow of the rivers St. Croix, Meander, Shubenacadie and Salmon.

Penzhinskaya Guba, Russia. Some of the highest tides in the world have been recorded in the Sea of Okhotsk in far north-east Russia. A tidal range of 13.9 m has been cited (Kowalik, 2004) making this the highest tidal range site in Russia (Isachev, 2006). As with the tides in the Bay of Fundy and Severn

Estuary, amplification of the tide occurs from Shelikova Bay at the mouth to the head of this funnel-shaped estuary known as the Penzhinskaya Guba. In a similar form to the Bay of Fundy, the head of the Penzhinskaya Guba is split into two narrow bays between the mouth of the River Penzhino and River Talovka.

It is estimated that some 3 million people live around the Severn Estuary in UK; approximately 300,000 around the Bay of Fundy in Canada; and only some 3000 around the Penzhinskaya Guba in Russia. With around 1% of the population, Penzhinskaya Guba provides a control site compared to the Severn Estuary as they are similar size and tidal range estuaries. This provided an opportunity to assess how man lives and works with the tide and/or manages tidal change.

A trip to Penzhinskaya Guba was made possible through the financial support of the Winston Churchill Memorial Trust who awarded a traveling fellowship to Natasha Barker in 2006 for the project entitled 'Managing Tidal Change'. Many people from Russia, UK, U.S. and Alaska provided advice and contacts during the planning phase for the trip. Preparatory work helped to identify that the easiest way to reach Manily at the mouth of the River Penzhino would be from Petropavlovsk-Kamchatskiy. Initially a trip was planned from Magadan, but there was a great deal of uncertainty about the availability of flights or ship movements between Magadan and Manily or Kamenskoye.

The authors traveled over a 3 week period in July 2007 to Penzhinskaya Guba. Figure 1 illustrates the route and modes of transport to Penzhino, figure 2 illustrates the areas visited along the River Penzhino and in Penzhinskaya Guba. A scheduled flight was taken from Petropavlosk-Kamchatskiy north to Tilichiki by small plane and from there after 6 days, on a weekly scheduled helicopter to Kamenskoye. Travel to Manily was first attempted by barge on the River Penzhino but due to low river flow and neap tides became stuck on a sand bank for half a day. Transport by road (small jeep) was then arranged by the Penzhino administration to get to Manily (3 hours). The timing of the trip coincided with the once per year delivery of cargo on the Krashinenikov ship from Petropavlovsk-Kamchatskiy to Manily. This was opportune as the authors were able to return by sea through Penzhinskaya Guba and the Sea of Okhotsk to Petropavlovsk.

The largest proportion of the Penzhinskaya Guba is situated within Kamchatky Krai as opposed to Magadan Oblast (see grey/yellow boundary on map). It therefore seemed more likely that visa & permit requirements would be forthcoming from Petropavlovsk-Kamchatskiy, the administrative capital of Kamchatka and/or Palana, the administrative centre for Koryakia region in which the Penzhino area is situated.

Logistical & informatical support was provided locally by the Pacific Institute of Geography & NGO Kamchatka League of Independent Experts (Olga Chernyagina), Diligens Kamchatka (Martha Masden); the World Wide Fund for Nature (Laura Williams & Vassily Spiridinov) and the Penzhino Administration (Igor Sinicickiy). In Tilichiki, Kamenskoye and Manily, transport and accommodation were arranged by Igor Sinicickiy from the Penzhino Administration (who provided the official invitation for Natasha Barker's permit). Registration of this permit was required in Petropavlovsk-Kamchatskiy and Kamenskoye.

Observations on the character of tides in the Penzhinskaya Guba, from one week based in Kamenskoye and Manily include the following:

- Tidal influence from the Sea of Okhotsk extends into the Penzhinskaya Guba and up the River Penzhino 50 km upstream of Manily towards Kamenskoye.
- The tidal range appears similar to the Severn Estuary in UK but the semi-diurnal pattern of tides makes the tides less regular and predictable in Penzhinskaya Guba compared to the Severn Estuary.
- The climatic extremes in the Penzhino area, from around -45°C in mid-winter up to $+30^{\circ}\text{C}$ in the summer, mean that the shoreline is subjected to faster rates of erosion/accretion.
- The natural environment is in a pristine state compared to the Severn Estuary and Bay of Fundy. Indicators of the health of the ecosystem include references made by local people and scientists to over one million migratory birds (Yuri Gerasimov *pers.comm.*) and 500 beluga whales.

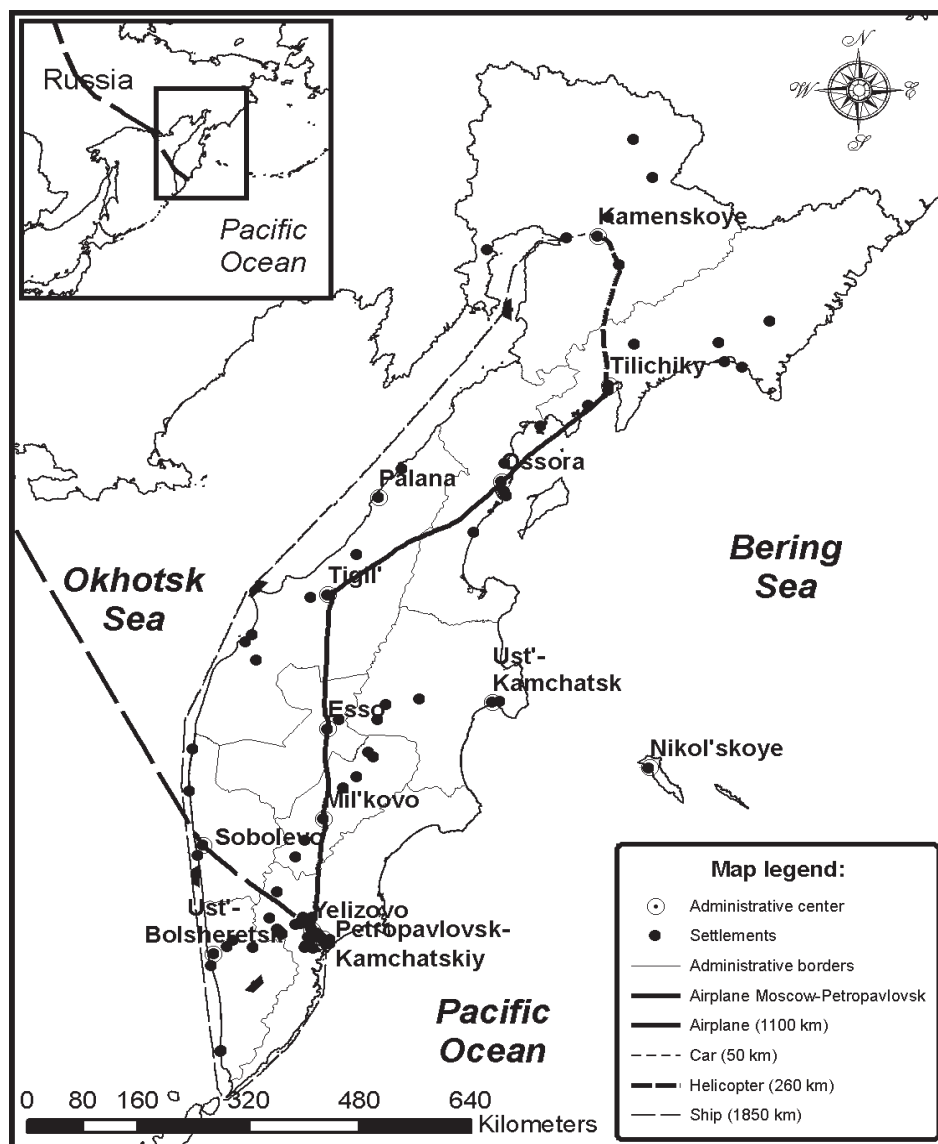


Fig. 1. Route of travel to Penzhinskaya Guba

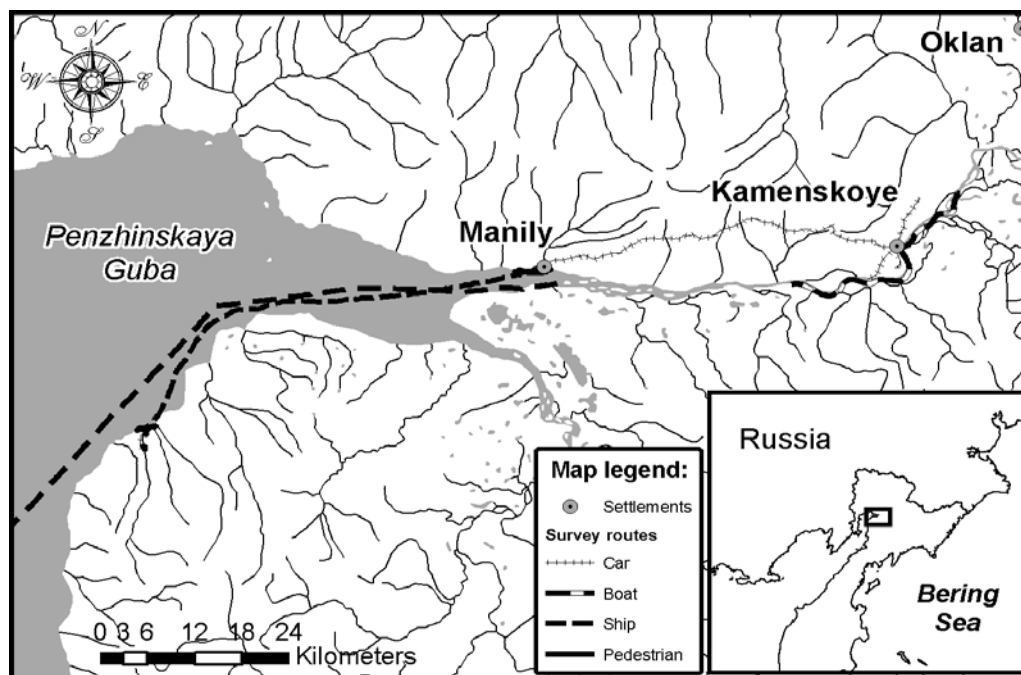


Fig. 2. Penzhinskaya Guba

- The vast landscape of mudflats, salt-marsh and cliff shoreline are little explored with a low and decreasing population contained in a few settlements.
- Russian settlement has dominated native culture, particularly over the last 50 years, with now little evidence of Koryak traditions apart from well presented local museums in Kamenskoye library and Manily school.
- People live closer to the tides; depending upon them for fishing, fuel and transport. The way of life has similar characteristics to subsistence living around the Severn Estuary hundreds of years ago, illustrated by, for example, the use of lathe nets for fishing from the shoreline and seine netting from small boats.
- There is no land reclamation for agriculture and (as a result) no engineering works for flood or coastal defence. Settlements are set back from the shoreline (e.g. 100 m) so that flooding and coastal erosion not to be an immediate threat to people or property. Only a few houses have been developed closer to cliffs which exhibit signs of instability.
- Ships and barges navigate around Penzhinskaya Guba and are largely dependent upon the tide. Ships move around the high tide times, landing on the shoreline to unload on a falling tide and departing on a rising tide. This was witnessed through a trip by barge from Kamenskoye towards Manily, and a trip on a coal barge from Manily to the coal mine on the south-east coastline of Penzhinskaya Guba. There are few navigation aids and the only infrastructure for ships a re-fuelling depot just west of Manily. With no docks, larger ships anchor up to 30 km offshore. The dynamic coastal processes, particularly during winter when the river and estuary are frozen for up to 8 months of the year, have been deemed too destructive for piers and harbours.
- The presence of a tidal bore was not known by local fishermen, barge operators or hunters to exist on the River Penzhino. Fewer people have

knowledge of the River Talovka and the possibility of a tidal bore in other tributaries feeding into the Penzhinskaya Guba.

Following the completion of visits by the main author to the Bay of Fundy (July 2006) and Penzhinskaya Guba (July 2007), the following observations can be made on the three themes of the study 'Managing Tidal Change'.

Flood Risk Management. The rate of shoreline change in the coastal environment is likely to increase with sea level rise and increased storminess due to the climate change impacts. Approximately 80% of the shoreline around the Severn Estuary and the Bay of Fundy has already been changed with artificial coastal defences or embankments to reclaim land for agriculture. With a high population concentration living within a few miles of the coast around the Severn Estuary, there is a need to find sustainable solutions for future flood defence and coastal protection. Approaches to flood risk and shoreline management in the UK offer potentially useful information for shoreline management policy and practice in Canada. Visualising the unrestrained influence of the tide around the Penzhinskaya Guba provided an insight to how a more holistic approach could be taken to flood risk management in areas under development pressure around the Bay of Fundy and Severn Estuary. The influence of the tide on small and remote communities in Russia showed how people live much closer to the tidal cycle, providing an opportunity to see how the landscape of Britain and Canada would have looked prior to settlement.

Renewable Energy. The potential for tidal power generation is under the spotlight as a source of renewable energy. Estuaries and coastal areas experiencing the highest tides are likely to offer significant opportunities for tidal power generation (Bernshtein, 1996). Whilst the technological options are relatively young, there are some examples of existing tidal power schemes. The Annapolis Royal tidal power plant in Nova Scotia provided useful information to help explore recently renewed interest in the Severn Barrage proposal. The Bay of Fundy and Severn Estuary are leading areas for the development of tidal energy technology. The potential for tidal power generation has been recognized from Shelikova Bay and Penzhinskaya Guba in the Sea of Okhotsk (Bernshtein, 1996; Kowalik, 2004; Kowalik & Polyakov, 1998; Isachev, 2006) but the proximity of supply to demand make tidal energy less likely to be utilized.

Marketing the Tide. Many organisations around the Bay of Fundy utilize the tide to promote tourism. The internet is used extensively to promote the highest tide in the world as a phenomenon to attract visitors. The Severn Estuary is commonly known to have the second highest tide in the world after the Bay of Fundy but could be more widely promoted with the highest tide in Europe and the Severn Bore. However, the tide is far less widely promoted as an attraction for tourists and many local people have not seen the tidal bores. The remoteness of Penzhinskaya Guba in northern Kamchatka makes opportunities for tourism limited. In addition, anecdotal evidence suggests that there are no tidal bores in the Penzhinskaya Guba of a similar nature to those experienced around the Severn Estuary and Bay of Fundy.

Conclusions. There are valuable comparisons to be made between coastal areas experiencing the highest tides in the world. Investigating the Severn Estuary in UK, the Bay of Fundy in Canada, and the Penzhinskaya Guba in Russia has led to comparisons in approaches to flood risk management, tidal energy potential and marketing the tide for tourism.

Observing three estuaries with different scales of development illustrates the influence settlement has had on the coast and how people have managed tidal change. The Penzhinskaya Guba provided an excellent control site to see how a natural ecological system looks when un-hindered by coastal defences and land reclamation. It provided a holistic perspective which may guide future sustainable management of more developed estuaries, including decisions about options for harvesting tidal energy.

Public awareness of the tide appears to be lower where there is a higher population density. However, there is significant recognition of the highest tides in the world around the Bay of Fundy, which are promoted for tourism through highly evolved interpretation. This will provide useful experience for raising awareness of the value of the Severn Estuary.

Exchange of information and contacts is already taking place between the Severn Estuary and Bay of Fundy as a result of this fellowship study. The Pacific Institute of Geography have collated new information through this field visit and hope to undertake further research in this area. The full findings of this project are available in separate reports available from the author*.

REFERENCES

Barker N.J. 2005. Estuary Management in Practice: Geography in Action. Royal Geographical Society // Institute of British Geographers Annual Conference, September 2005.

Barker N., Bosch R., Lisovskaya V., Shuisky Y., Taussik J., Tsokur A. 2004. Developing Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in Ukraine to Optimise Long Term Economic Opportunities: Tiligul Liman, NW Coast of the Black Sea // Black Sea Ecologica Bul. №2 (12). Odessa.

Barker N.J., Lisovskaya V. et.al. 2002. Introduction to Integrated Coastal Zone Management in Ukraine in The Changing Coast // Proceedings of the Littoral 2002 conference – EUCC, Eurocoast Portugal, 2002.

Bernshtein L.B. 1996. Tidal Power Plants, Korea Ocean Res. and Development Institute, Seoul, 1996, 444 p.

Isachev I.N. 2006. OAO 'Neec' Tidal energy in Kamchatka – Description of tidal energy potential in Russia: Opportunities and Practicalities in Kamchatka Oblast (Project Penzhinskaya PEC). Moscow: Greenpeace. P. 33-37.

Kowalik Z. 2004. Tide distribution and tapping into tidal power // Oceanologia. 46 (3).

Kowalik Z., Polyakov I. 1998. Tides in the Sea of Okhotsk // Journal of Physical Oceanography. (28). P. 1389-1409.

McGlashan D J. & Barker N. J. 2005. The Partnership Approach to Integrated Coastal Management in Britain // In: Hance D. Smith and Jonathan S. Potts, Managing Britain's Marine and Coastal Environment – Towards a Sustainable Future. Routledge and the National Maritime Museum, 2005.

Websites:

www.bayoffundytourism.com/ecozones/highesttides.php

www.valleyweb.com/fundytides/

www.severnestuary.net/sep

www.sfos.uaf.edu/directory/faculty/kowalik

www.en.wikipedia.org/wiki/River_Severn#Severn_estuary

www.russia-ic.com/news/show/929 *Russian power plants soon to utilise tidal energy* 24.06.05.