

УДК 551.465

## БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СИСТЕМЕ “РЕКА АНАДЫРЬ–БЕРИНГОВО МОРЕ” В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2013 г.

© 2015 г. О. В. Дударев<sup>1,2</sup>, А. Н. Чаркин<sup>1,2</sup>, И. И. Пипко<sup>1,2</sup>, С. П. Пугач<sup>1,2</sup>,  
Д. А. Космач<sup>1</sup>, Д. В. Черных<sup>1</sup>, И. П. Семилетов<sup>1-3</sup>, А. В. Винников<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

<sup>3</sup>Международный Арктический исследовательский центр, Университет Аляска, Фэрбанкс, США

<sup>4</sup>Чукотский филиал Федерального государственного унитарного предприятия  
“Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр”, Анадырь, Россия

e-mail: dudarev@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 23.01.2015 г.

DOI: 10.7868/S0030157415050044

Изучение особенностей трансформации состава материкового стока в геосистемах “река–море” различных климатических зон является фундаментальной задачей окраинно-морского седиментогенеза. Интерес в этой связи вызывает еще малоизученный эстуарий реки Анадырь, представленный последовательно сообщаемыми между собой акваториями полузамкнутых залива Онемен, Анадырского лимана и открытого Анадырского залива Берингова моря. В пределах Арктики и Субарктики река Анадырь занимает 7 место по объемам твердого и водного стока, а в бассейне Берингова моря по этим показателям уступает только северо-американским рекам Юкон и Кускоквим [3, 4]. Задачи выполненной во второй половине июля 2013 г. междисциплинарной экспедиции ТОИ ДВО РАН были сфокусированы на биогеохимических исследованиях. В комплекс наблюдений также входили гидрологические, литодинамические, газогеохимические, гидробиологические и гидроакустические работы [1–2, 5]. Из новых видов исследований следует отметить измерение в воде активности короткоживущих изотопов  $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$  – трассера подземного стока. Наблюдения осуществлялись с борта водометного речного катера КС-102 “Мирный” и морского катера “Narius Nissan”. На разрезе “река–море” в пределах нижнего течения реки (ст. 1) и речной части эстуария до устья (станции 2–11) исследованиями были охвачены 237 км, а в морской части эстуария – заливе Онемен (станции 12–16), Анадырском лимане (станции 17–20) и Анадырском заливе (станции 21–24) – 185 км (рис. 1).

Гидроакустическим зондированием в русле нижнего течения и речного участка эстуария вы-

явлены серии гряд длиной 12–250 м и высотой 0.3–3 м (рис. 1), ориентированные вдоль оси потока и сложенные гравийно-галечным материалом с крупнопесчаным заполнителем. Участки перекаатов чередуются с более глубоководными плесами с эрозионно-аккумулятивной направленностью литодинамических процессов. На выходе из устья реки в залив Онемен скорость стокового течения замедляется, а несущая способность потока ослабевает. Поэтому неровности дна в заливе (области аккумуляции) компенсируются тонкозернистыми осадками. Дно Анадырского лимана изрезано стоковыми ложбинами с глубинами до 35–45 м, свидетельствующими об интенсивной эрозионной деятельности стоковых и приливно-отливных потоков (рис. 1, станции 16, 20, 22 и др.).

Из-за еще не закончившегося в водосборном бассейне снеготаяния и наложившегося на него дождевого паводка, период исследований характеризовался повышенной водностью реки. Вероятно, по этой причине область смешения речных и морских вод не распространялась выше устья (ст. 11, рис. 2). Лимитирующим влияние моря фактором является и пороговый рельеф дна, как, например, перекаат Намывной в 180–190 км от устья (рис. 1). На этом участке уровень поверхности зеркала Анадырского лимана пересекается со средним уровнем продольного профиля дна русла, а колебания уровня морского происхождения нивелируются. Градиентная по изменениям солености область смешения вод располагалась ниже устья (рис. 2).

Различия в содержании взвеси на разрезе “река–море” достигали 3000 раз при диапазоне значений от 0.1 мг/л вблизи устья горного притока

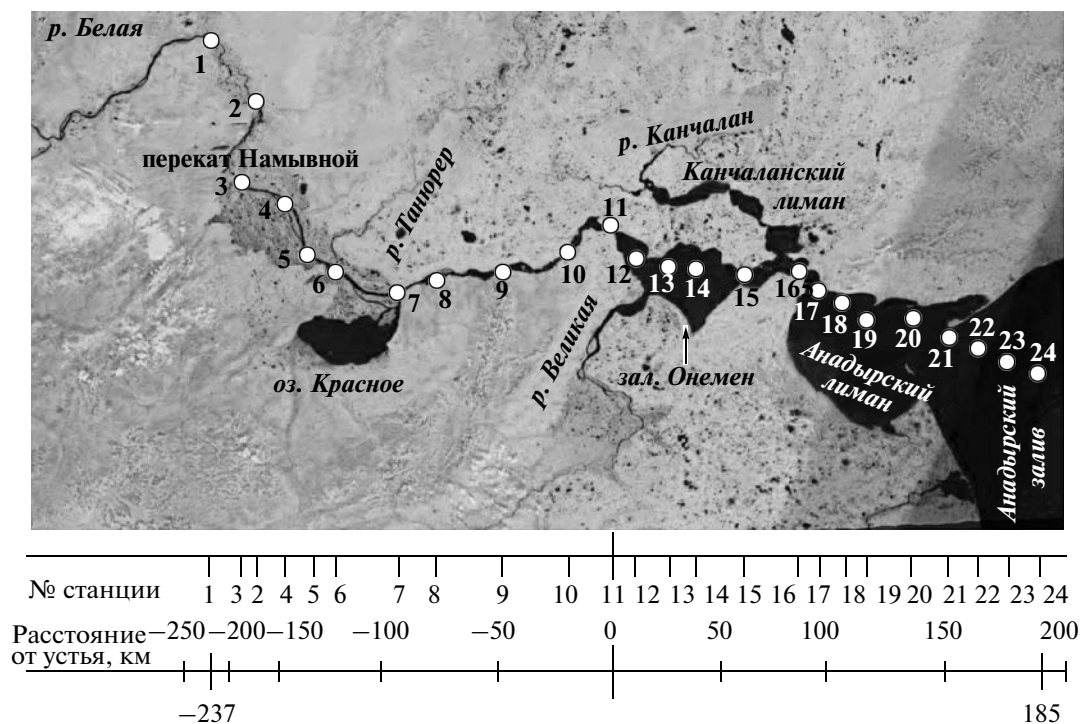


Рис. 1. Район исследований.

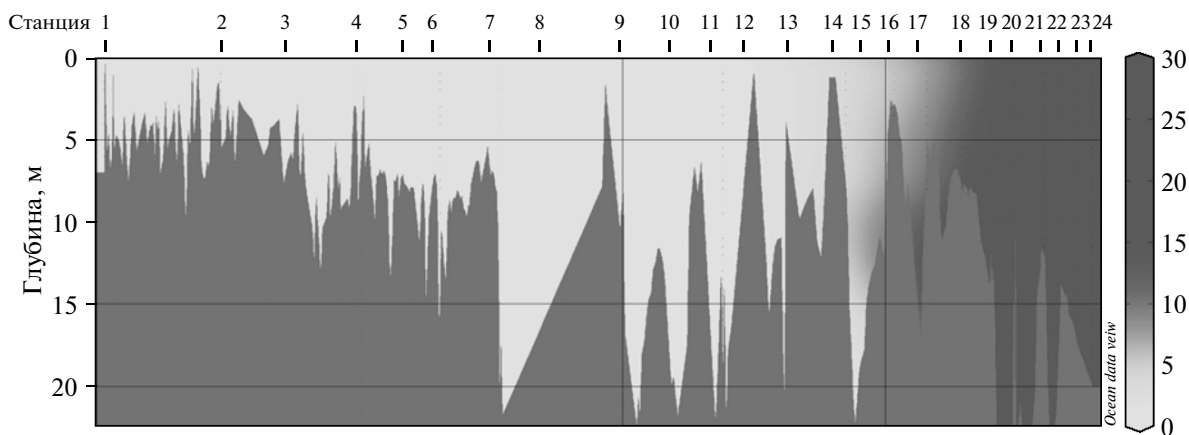


Рис. 2. Пространственная структура распределения солёности на разрезе “река–море” (ед. ‰).

р. Белая до 313.4 мг/л в горле эстуария между заливом Онемен и Анадырским лиманом (станции 15–17). При резком сокращении площади живого сечения водный поток на этом участке трансформируется в мощное струйное течение с суммарной скоростью в отлив до 420 см/с. Гидравлический подпор разрушает структурные связи, а концентрирование взвеси обуславливает возрастание его плотности. По сравнению с участком выше горла увеличение содержания взвеси достигало 16 раз, а расчетные горизонтальные градиенты составляли 1.1 мг/л/100 м. На фоне роста солёно-

сти и содержания взвеси активность  $^{224}\text{Ra}$  и  $^{223}\text{Ra}$  увеличивалась в несколько раз, вероятно, по причине десорбции изотопов Ra с поверхности частиц взвеси, содержащих родительские изотопы тория. Слабо осолоненные речные воды на ранней стадии смешения характеризовались высокими концентрациями кремния Si (до 127 мкмоль/л) и окрашенного растворенного органического вещества, низкими значениями общей щелочности ( $\text{Alk} = 116\text{--}160$  мкмоль/кг) и pH (то же отмечено и на участке выше, станции 2–14). Воды были пересыщены углекислым газом и служили его ис-

точником в атмосферу. Парциальное давление  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ) достигало величин 700 мкатм, сопоставимых с зафиксированными авторами в реках Восточной Сибири [5]. Ниже горла эстуария в Анадырском лимане на фоне увеличения площади живого сечения потока содержание взвеси уменьшилось почти на порядок при горизонтальных градиентах до 0.7 мг/л/100 м. При существенном снижении мутности вод активизировались процессы фотосинтеза, величины  $p\text{CO}_2$  опустились ниже равновесных значений и изменилось направление потока углекислого газа между водной поверхностью и атмосферой. В стоковом шлейфе на выходе из лимана в Анадырский залив среднее содержание взвеси уменьшилось еще в 3 раза, концентрация Si сократилась до 12 мкмоль/л, а значения Alk возросли до 1895 мкмоль/кг. В осолоненных водах залива еще более интенсифицировались процессы первичного продуцирования, которые сопровождались значительной ассимиляцией биогенных элементов и пересыщением кислородом до 117%.

Концентрации растворенного в воде  $\text{CH}_4$  на разрезе снизились в сторону моря в среднем в 15 раз. Максимальные значения (до 153 нМ) выявлены у устьев низкопорядковых рек, что является возможным свидетельством гидравлической связи с дистрофными заболоченными водоемами Анадырской низменности, где идет анаэробное разложение органического вещества. Измеренные концентрации существенно превышали равновесные величины атмосферного  $\text{CH}_4$  в данной гидрометеорологической обстановке (~4 нМ). В результате, в речной части эстуария и заливе Онемен наблюдалась эмиссия  $\text{CH}_4$  из водной толщи в атмосферу.

Результаты обработки полученных для субарктической системы “река Анадырь—Берингово море” данных могут быть полезными при решении фундаментальных вопросов окраинно-морского седиментогенеза, а также для идентификации источников и стоков парниковых газов в субарктической системе “река—море”.

Финансовая поддержка исследований обеспечена средствами Президиума ДВО РАН, госбюджетных тем (госрегистрации № 01201363041 и № 01201363048), грантов РФФИ (№ 13-05-10054к, № 13-05-12028\_офи, № 13-05-12041\_офи, № 14-05-00433а), ДВО РАН, грантов Президента РФ (№ МК-2575.2014.5) и Правительства РФ (№ 14.Z50.31.0012).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникиев В.В., Дударев О.В., Колесов Г.М. и др. Влияние литодинамических факторов на распределение благородных металлов во взвеси и донных отложениях морской части эстуария р. Анадырь // Геохимия. 1997. № 5. С. 535—551.
2. Дударев О.В., Боцул А.И., Аникиев В.В. и др. Современное осадкообразование в криолитозоне северо-западной части Анадырского залива (Берингово море) // Тихоокеанская геология. 2001. Т. 20. № 3. С. 12—25.
3. Ионин А.С., Медведев В.С., Павлидис Ю.А. Шельф: рельеф, осадки и их формирование. М.: Мысль, 1987. 205 с.
4. Лисицын А.П. Процессы современного осадкообразования в Беринговом море. М.: Наука, 1966. 574 с.
5. Пипко И.И., Пугач С.П., Дударев О.В. и др. Карбонатные параметры вод реки Лены: характеристики и распределение // Геохимия. 2010. Т. 48. № 11. С. 1206—1213.