

УДК 551.465

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ВОДЫ, ВЗВЕСИ И ДОННЫХ ОСАДКОВ БАССЕЙНА РЕКИ КАЙ (ЗАЛИВ НЯЧАНГ, ЮЖНО-КИТАЙСКОЕ МОРЕ)

© 2015 г. Н. В. Лобус¹, В. И. Пересыпкин¹, Н. А. Шульга¹, А. Н. Дроздова¹, Е. С. Гусев²¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

e-mail: lobus.nikolay@gmail.com

² Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок

Поступила в редакцию 14.02.2014 г., после доработки 12.05.2014 г.

Получены данные по содержанию органического углерода в воде, взвеси и донных осадках р. Кай и ее притоков (бассейн залива Нячанг). В поверхностных водах изученного бассейна ОВ находится преимущественно в растворенной форме ($POY/VOY = 3$). Доля $C_{орг}$ во взвеси составляет 4.9% (среднее). На основании анализа *n*-алканов в донных осадках выделено три типа ОВ – автохтонного, смешанного и преимущественно терригенного генезиса, которые последовательно сменяются в продольном профиле реки. Все типы ОВ тесно связаны со спецификой осадконакопления и гидродинамикой вод данной акватории. Геохимические индексы (Pг/Ph, OEP_{17–19}, CPI) отражают влияние окислительных условий на формирование ОВ и активную микробиологическую трансформацию его автохтонной части.

DOI: 10.7868/S0030157415030120

ВВЕДЕНИЕ

Изучение содержания, распределения и состава органического вещества (ОВ) в воде, взвеси и донных осадках позволяет оценить его потоки в экосистеме и установить генезис. В природных водах ОВ существует во многих дисперсных и фазовых состояниях, однако, наиболее часто исследуют две основные формы: растворенную и взвешенную [1]. Их соотношение и общая сумма поступления в конечные бассейны стока зависит от климатических условий региона, разнообразия наземной растительности, почвенного покрова водосборной территории и является важнейшей биогеохимической характеристикой среды [10]. К массе первичного органического углерода ($C_{орг}$), продуцируемого в водоеме (автохтонная часть) добавляется ОВ суши (аллохтонная часть). Подвергаясь преобразованию в трофических цепях гетеротрофами и бактериями, часть ОВ минерализуется, тогда, как более устойчивые к биодеградации компоненты поступают на дно и захораниваются в осадочной толще [2, 4, 9]. В настоящее время на отдельных участках как морских, так и пресноводных акваторий, значительное влияние на состав и распределение ОВ оказывает антропогенный фактор [10, 13].

Водоемы Юго-Восточной Азии характеризуются большими объемами поставки осадочного материала в моря и океан, что является предметом изучения геохимиков [2, 4, 10]. Южно-Китайское море в районе залива Нячанг имеет сложную гидродинамическую обстановку, связанную с достаточно мощными приливно-отливными те-

чениями и наличием сезонного апвеллинга, которые влияют на процесс осадконакопления. В ранее проведенном исследовании было показано, что на формирование состава органического вещества вод и донных отложений залива большое влияние оказывает вынос р. Кай [8].

Целью работы явилось изучение содержания и генезиса органического вещества воды, взвеси и поверхностного слоя донных осадков р. Кай и ее притоков, конечным бассейном стока которых является залив Нячанг (Южно-Китайское море).

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

Река Кай является главной водной артерией данной местности. Площадь ее водосборного бассейна составляет 1904 км². В верхнем и среднем течении реки он сложен красными и желтыми подзолистыми почвами, в нижнем преобладают аллювиальные почвы. В реку впадают горные ручьи и около 15 притоков, наиболее крупными из которых считаются Кхе, Кау, Зау. Первые два характеризуются быстрым течением, протекают по гористой и малонаселенной местности, последний является равнинным притоком с медленным течением. Гидрологический режим р. Кай имеет четкую сезонную зависимость, расход воды варьирует от 15–30 м³/с в сухой сезон до 700–800 м³/с в сезон дождей. Годовой сток в среднем составляет 2 км³ [6].

На химический состав вод изученных водоемов большое влияние оказывает антропогенная деятельность: бытовые и коммунальные стоки, а также смывы с городских территорий во время

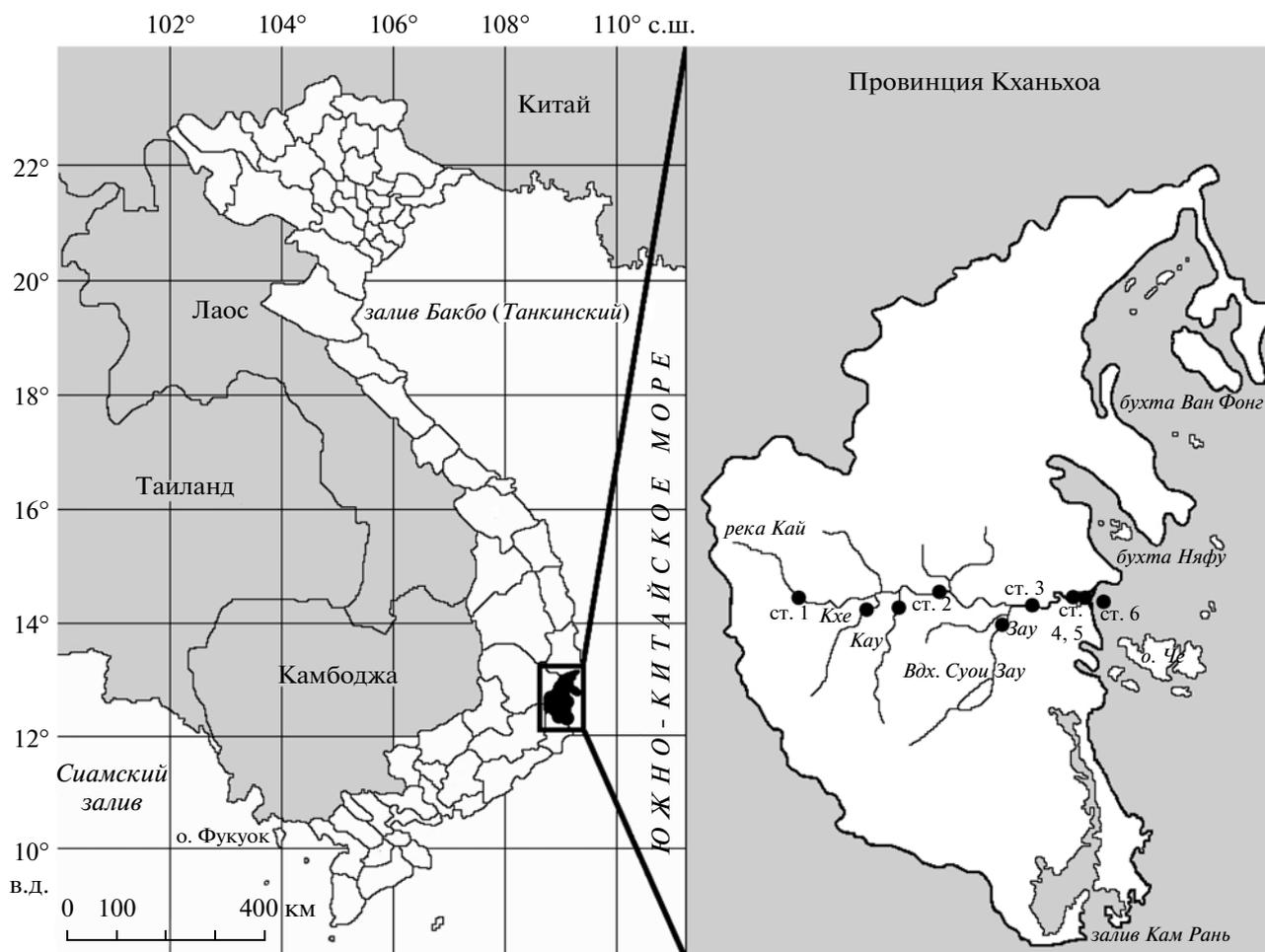


Рис. 1. Карта-схема района исследований.

ливневых дождей. В эстуарии располагается ряд частных судоверфей, специализирующихся на производстве и ремонте лодок и маломерных судов из деревянных и композитных материалов с применением полиэфирных смол и отвердителей. В технологическом процессе для покрытия их корпусов применяются препараты, содержащие антикоррозионные и антиобрастающие вещества [5, 12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы воды, взвеси и донных осадков были отобраны в сухой сезон (июль 2010 г.) по следующей сетке станций: река Кай – верхнее (ст. № 1), среднее (ст. № 2), нижнее течение (ст. № 3); эстуарий реки – станции № 4 и № 5; прилегающая часть акватории залива Нячанг – ст. № 6; притоки – Кхе, Кау, Зау (рис. 1).

Для разделения растворенного и взвешенного ОВ в лабораторных условиях воду фильтровали на установке “Millipore” через прокаленные стекловолоконные фильтры GF/F (“Whatman”, диаметр 47 мм). Фильтрат подкисляли соляной кис-

лотой до $pH = 2$ и хранили в холодильнике. Фильтры GF/F высушивали в сушильном шкафу при $+60^{\circ}C$. Для сбора взвеси и определения ее массовой концентрации (мг/л) использовались мембранные ядерные фильтры диаметром 47 мм и размером пор 0,45 мкм [3]. Донные осадки отбирались пробоотборником, производилось их литологическое описание, далее образцы высушивались в сушильном шкафу при $+60^{\circ}C$ [7, 8].

Определение органического углерода ($C_{орг}$) в воде, взвеси и донных осадках проводилось на анализаторе Shimadzu-Eurore TOC 5000-V-CPH. Для растворенного органического углерода (C^P , РОУ) использовали метод высокотемпературного ($+680^{\circ}C$) термokatалитического окисления с бездисперсионным ИК детектированием. Количественный анализ органического углерода во взвеси (C^B , ВОУ) и донных осадках осуществляли высокотемпературным ($+900^{\circ}C$) сжиганием в токе воздуха с использованием приставки SSM-5000A. Содержание $C_{орг}$ рассчитывали по разности общего и карбонатного углерода. Диапазон измеряемых concentra-

Таблица 1. Содержание взвешенного вещества, $C_{\text{орг}}^P$, $C_{\text{орг}}^B$ и хл “а” в р. Кай и ее притоках

Водный объект	Взвесь, мг/л	$C_{\text{орг}}^P$, мг/л	$C_{\text{орг}}^B$, мг/л	$C_{\text{орг}}^P / C_{\text{орг}}^B$	Доля $C_{\text{орг}}^P$ во взвеси, %	хл “а”*, мг/м ³	хл “а”**, мг/м ²
Продольный профиль р. Кай							
ст. 1	10.9	2.2	0.5	4.0	5.0	0.6	0.4
ст. 2	42.7	2.6	1.8	1.5	4.1	1.1	21.3
ст. 3	68.0	2.3	1.9	1.2	2.8	1.9	24.2
ст. 4	48.3	2.2	1.3	1.8	2.6	1.7	н/о
ст. 5	15.2	2.1	0.8	2.6	5.5	1.4	н/о
ст. 6	4.7	1.4	0.2	6.0	4.9	0.8	н/о
Притоки							
Кхе	3.0	1.0	0.2	5.3	6.3	0.8	6.2
Кау	22.9	3.1	1.5	2.1	6.4	1.1	3.9
Зау	32.2	5.5	2.0	2.8	6.2	11.6	43.7

* Концентрация хл “а” в фитопланктоне.

** Концентрация хл “а” в фитобентосе.

н/о – не определялось.

ций составлял: для C^P 0.05 – 25000 мгС/л, для C^B 5 – 10000 мкгС/л, для донных осадков 0.02 – 30% по массе (на сухой вес). Погрешность прибора 1%. Воспроизводимость результатов анализов $\pm 5\%$.

Определение хлорофилла “а” (хл “а”) осуществляли спектрофотометрически (спектрофотометр НАСН DR2010). Пробы фитопланктона концентрировали на стекловолокнистых фильтрах GF/F (Whatman). Сразу после фильтрации их помещали в пробирки с 90% этиловым спиртом и выдерживали в темноте при температуре 4–7°C в течение 16–20 часов [19]. Для анализа хл “а” в фитобентосе пробы донных осадков отбирали пластиковой трубкой с известной площадью захвата. Экстракцию фотосинтетических пигментов осуществляли по описанной выше схеме. Пересчет концентрации хл “а” производили по общепринятой методике и выражали для воды в мг/м³ для осадков в мг/м² [16, 19].

Экстракции алифатических углеводородов (УВ) из проб донных осадков производилась с использованием ультразвуковой бани “Branson-1210”. В качестве растворителя применялся метиленхлорид, обеспечивающий наиболее полное извлечение УВ. Фракция *n*-алканов выделялась методом колоночной хроматографии (наполнитель колонки – силикагель, элюент – гексан).

Анализ углеводородов осуществлялся на газовом хроматографе GC-2010 “Shimadzu”. Газохроматографические условия определения: нагрев с 60° до 300°C со скоростью 4°C/мин, изотермический режим при 300°C в течение 30 мин. В качестве газоносителя использовался гелий. Расход газа через колонку 1.5 мл/мин. Температура инжектора 300°C, детектора – 320°C.

Полученные хроматограммы обрабатывались с помощью программного обеспечения GC solution 2.30 SU4 “Shimadzu”. Идентификация пиков проводилась по времени удерживания, а правильность идентификации проверялась по сравнению со спектрами стандартов *n*-алканов (Solution C₈-C₂₀ и C₂₁-C₄₀). Для расчета концентраций использовался внутренний стандарт – сквалан.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Растворенное и взвешенное органическое вещество, попадающее в моря с речным стоком, существенно влияет на распределение и состав ОВ в морских донных осадках [7, 8]. Основная масса речного C^P , как правило, представлена гуминовыми соединениями, поступающими из почв водосборной территории. К этой величине добавляются прижизненные метаболиты гидробионтов и продукты разложения отмерших тканей растений и животных [1, 9, 10]. Концентрация РОУ в водах изученной акватории изменялась от 1 до 5.5 мг/л. Минимальные и максимальные значения были приурочены к горному и равнинному притокам Кхе и Зау. В самой р. Кай, на всем ее протяжении, содержание РОУ практически не изменялось и в среднем составляло 2.1 мг/л (табл. 1).

Распределение взвешенного органического углерода в водоемах более неоднородно и часто связано с процессами автотрофного биосинтеза [4]. Его источниками являются фито-, зоопланктон, перифитон, бактерии, мхи, травы, макрофиты, остатки древесной растительности [1, 9]. Концентрация ВОУ изменялась от 0.2 до 2 мг/л, однако,

как и в случае с C^P , минимальные и максимальные величины были приурочены к притокам Кхе и Зау. Среднее содержание C^B в бассейне реки составило 1.3 мг/л (табл. 1).

Доля VOU во взвешенном веществе р. Кай варьировала от 2.8 до 5.0% (среднее 4%). В притоках взвесь содержала большее количество органического углерода, где его величина достигала 6.4% (табл. 1). На пресноводном участке р. Кай отмечено увеличение концентрации C^B при снижении его процентного содержания во взвеси (с 5 до 2.8%), что, вероятно, связано с “разбавлением” биогенного органического детрита минеральным веществом, активно поступающим в водоем с водосбора (табл. 1) [11]. В зоне смешения речных и морских вод распределение взвеси и C^B характеризуется резким убыванием их концентраций в направлении река → море. В процессе перемешивания вод содержание VOU снижалось в 2–8 раз, но возрастала его доля во взвеси (до 5–5.5% на ст. 5–6), что отражает качественное изменение состава $ВВ$ на геохимическом барьере [3]. Поступление C^B в воды эстуария р. Кай в результате процессов первичного продуцирования незначительно о чем свидетельствует существенное (до 0.8 мг/м³ на ст. 6) снижение концентрации хл “а” (табл. 1). Далее, по мере удаления от устья реки, в поверхностном слое вод залива Нячанг доля VOU во взвеси увеличивается до 10–20% и достигает максимальных величин (25%) на мористых участках акватории [8].

Содержания органического углерода во $ВВ$ вод бассейна р. Кай (~4.9%) выше по сравнению со средним значением для рек мира, принятым на уровне 2.5% [9, 10]. Однако имеющиеся в литературе данные по доле $C_{орг}$ во взвеси рек Юго-Восточной Азии ниже. Например, для р. Меконг, Ганг и Янцзы это величины 2.8, 1.4 и 1.2% соответственно [11]. Необходимо отметить, что по количеству фотосинтетических пигментов планктона и бентоса, а также величине первичной продукции (ПП) изученные водоемы считаются олиготрофными [12]. В ранее проведенных исследованиях было показано, что суммарная ПП крайне низкая и составляет за год приблизительно 18–20 гС/м² в нижнем течении реки (ст. 3) и 40–45 гС/м² в эстуарии (ст. 5) [12]. Обеспеченность вод р. Кай биогенными элементами достаточна, поэтому возможными факторами, ограничивающими продукционные характеристики, могут быть гидрологические (скорость течения, расход воды), а также ухудшение светового режима из-за высокой мутности [19]. Дополнительно следует отметить специфический ионный состав вод с очень низкой минерализацией [16]. Учитывая слабое развитие первичных продуцентов р. Кай и ее притоков, обогащение взвешенного вещества органическим углеродом в рассматриваемом бассейне может быть связано с его привнесением с суши. Схожая ситуация на-

блюдается для вод Амазонки, где C^B во взвеси составляет в среднем 4.7% и имеет терригенное происхождение [1, 11]. Однако данное предположение требует проведения дополнительных исследований. В тоже время в нижнем течении р. Кай, ее равнинном притоке Зау и особенно в эстуарии немаловажным источником поставки $ОВ$ ($C^P + C^B$) может быть хозяйственная деятельность человека [5, 8].

Как показали наши исследования, органическое вещество в поверхностных водах бассейна р. Кай находится преимущественно в растворенной форме, о чем свидетельствует соотношение C^P/C^B . Эта величина изменяется от 1.2 до 6 и в среднем составляет 3. Учитывая данные по среднему содержанию C^P и C^B в реке и величине ее стока (данные предоставлены гидрологической службой провинции Кханьхоа) установлено, что р. Кай за сухой сезон (с апреля по сентябрь) выносит в залив Нячанг ориентировочно 1.5×10^9 г C^P и 0.8×10^9 г C^B .

Донные осадки в продольном профиле реки представлены крупным кварцевым песком с галькой в верхнем течении и заиленным песком и алевритовым илом в нижнем. В зоне смешения речных и морских вод отлагаются тонкопелитовые илы темно-серого цвета с незначительной примесью песчанистого материала. Содержание $C_{орг}$ в осадках р. Кай изменяется от 0.03 до 1.0%. Минимальные концентрации приурочены к участкам верхнего и среднего течения (станции 1 и 2), а максимальные к устьевой области реки (ст. 6). В притоках Кхе и Кау осадки представлены кварцевым песком различной зернистости с примесью гальки и минимальными концентрациями $C_{орг}$ (0.03%). В равнинном притоке Зау они сформированы алевритово-пелитовыми илами с высоким содержанием органического углерода (1.83%). Такое распределение $C_{орг}$ по гранулометрическим типам осадков обусловлено дисперсным составом основной массы $ОВ$, сорбционными процессами на глинистых минералах и оксидах [4, 9].

Представление о генетическом разнообразии состава органического вещества дает типизация молекулярных маркеров класса алкановых углеводородов [18]. В поверхностном слое донных осадков изученных водоемов и водотоков содержание n -алканов изменяется в диапазоне от 0.65 до 4.6 мкг/г сухого осадка. Разброс значений, в основном, связан с различиями литологического состава. В тонких пелитовых илах сорбция $УВ$ происходит более интенсивно, чем в песках, где часть накопленных $УВ$ быстро вымывается [2, 7]. Содержание, молекулярный и групповой состав n -алканов, а также рассчитанные геохимические параметры, отражающие генезис и диагенетическую преобразованность $ОВ$ в осадках, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание $C_{орг}$, углеводов, групповой и молекулярный состав *n*-алканов в донных осадках в р. Кай и ее притоках

Станция	$C_{орг}$, %	<i>n</i> -алк., МКГ/Г _{осадка}	УВ, % от $C_{орг}$	$\Sigma C_{12}-C_{22}/$ $\Sigma C_{23}-C_{35}$	ОЕР* ₁₇₋₁₉	СРІ**	Pr/Ph	C_{17}/Pr
Продольный профиль р. Кай								
1	0.04	1.11	0.27	35.88	0.74	0.69	0.87	2.65
2	0.03	0.65	0.23	23.65	0.59	3.25	0.98	2.42
3	0.92	2.04	0.02	1.75	0.67	7.91	1.01	1.64
4	0.78	2.97	0.04	1.48	0.61	7.27	1.78	1.42
5	0.73	1.91	0.03	0.53	0.67	6.54	1.31	1.46
6	1.00	2.94	0.04	0.65	0.72	7.05	1.51	1.61
Притоки								
Кхе	0.03	0.68	0.21	21.74	0.66	5.12	0.82	2.12
Кау	0.03	0.98	0.29	17.38	0.58	2.78	1.18	1.77
Зау	1.83	4.64	0.03	1.54	0.72	2.94	1.79	1.60

* ОЕР₁₇₋₁₉ = $((C_{15} + 6 \cdot C_{17} + C_{19}) / (4 \cdot C_{16} + 4 \cdot C_{18})) + ((C_{17} + 6 \cdot C_{19} + C_{21}) / (4 \cdot C_{18} + 4 \cdot C_{20})) / 2$ [16].

** СРІ = $((C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}) / (C_{24} + C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32})) + ((C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33}) / (C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32} + C_{34})) / 2$ [16].

Автохтонный (гидробионтный) тип исходного органического вещества имеет максимумы распределения *n*-алканов в диапазоне $C_{15}-C_{19}$, а генетически связанный с высшей растительностью на $C_{25}-C_{35}$, часть среднецепочечных гомологов $C_{20}-C_{24}$ являются бактериальными биомаркерами [18]. Во всех исследованных нами образцах просматривается четкий бимодальный характер распределения *n*-алканов с доминированием в области $C_{15}-C_{18}$ и $C_{29}-C_{33}$ (рис. 2). Доля углеводов, традиционно относящихся к микробиологическому происхождению ($\Sigma C_{20}-C_{24}$) мала (<5%), а гомологов C_{23-24} (<1%), что свидетельствует о незначительном вкладе бактериального ОВ в формировании состава УВ, поэтому для приближенной оценки генезиса органического вещества в осадках нами было использовано соотношение короткоцепочечных гомологов к длинноцепочечным ($\Sigma C_{12}-C_{22} / \Sigma C_{23}-C_{35}$) [7, 8, 20].

В изученном бассейне значение данного параметра изменяется в широком диапазоне от 0.53 до 35.88 (табл. 2). Резко выделяются зоны верхнего и среднего течения р. Кай (станции 1 и 2) и два притока Кхе и Кау, где величина $\Sigma C_{12}-C_{22} / \Sigma C_{23}-C_{35}$ в среднем составляет 25. На фоне минимальных концентраций $C_{орг}$ (0.03%) доля низкомолекулярных гомологов от суммы всех *n*-алканов максимальна (96%). На специфику формирования ОВ осадков оказывают влияние гидрологические особенности. На данных участках скорость течения достигает 1.5–2 м/с. Во-первых, при активной гидродинамике водных масс происходит интенсивное вымывание органических остатков из грунта [7, 13]. Во-вторых, в водах с быстрым течением сообщества первичных продуцентов планктона представлены количественно бедными комплексами организмов,

о чем свидетельствует низкая концентрация хл “а” (в среднем 0.9 мг/м³) [19]. В верховьях рек небольшие глубины и минимальное содержание взвешенного вещества определяют хорошую освещенность дна. Преимущество в развитии получают сообщества микробентоса, образующие фитобактериальные обрастания субстрата [12]. Учитывая крайне малое содержание органического углерода в донных осадках, данные по величине хл “а” в бентосе, а также групповой состав *n*-алканов, можно предположить, что ОВ здесь формируется преимущественно за счет сообществ фитобентоса. Это подтверждается также соотношением C_{17}/Pr , высокие значения которого (среднее 2.2) отражает значительный вклад водорослей в составе ОВ осадков [13].

Далее с замедлением скорости течения на ст. 3, в начале зоны смешения (ст. 4), а также в притоке Зау в составе углеводов наряду с короткоцепочечными *n*-алканами были обнаружены и длинноцепочечные гомологи, что указывает на участие в формировании ОВ не только гидробионтов, но и высших растений [2]. В конусе выноса (станции 5 и 6) соотношение $\Sigma C_{12}-C_{22} / \Sigma C_{23}-C_{35}$ минимально (0.6) и отражает преобладающий вклад наземной растительности в формировании ОВ осадков [7, 20].

В геохимическом плане особый интерес представляет отношение нечетных гомологов к четным, которое выражается для низко- и высокомолекулярной зоны индексами ОЕР₁₇₋₁₉ и СРІ соответственно [18]. На всех участках реки и ее притоках в области короткоцепочечных углеводов прослеживалось незначительное преобладание четных *n*-алканов в области $C_{15}-C_{21}$ (ОЕР₁₇₋₁₉ = 0.71 среднее) (табл. 2). Необходимо отметить, что величина данного параметра прак-

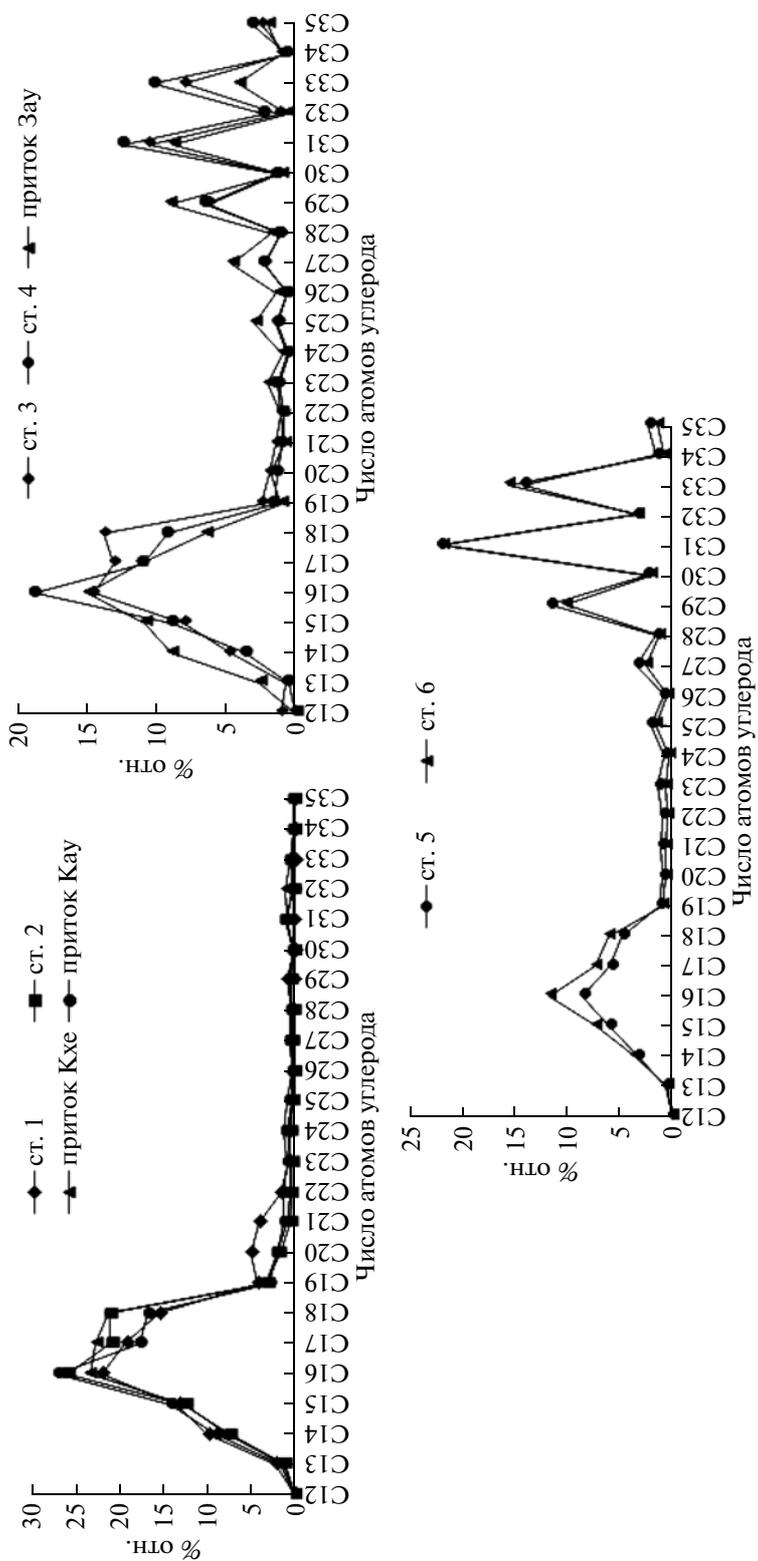


Рис. 2. Относительное распределение n-алканов в поверхностном слое донных осадков р. Кай и ее притоков.

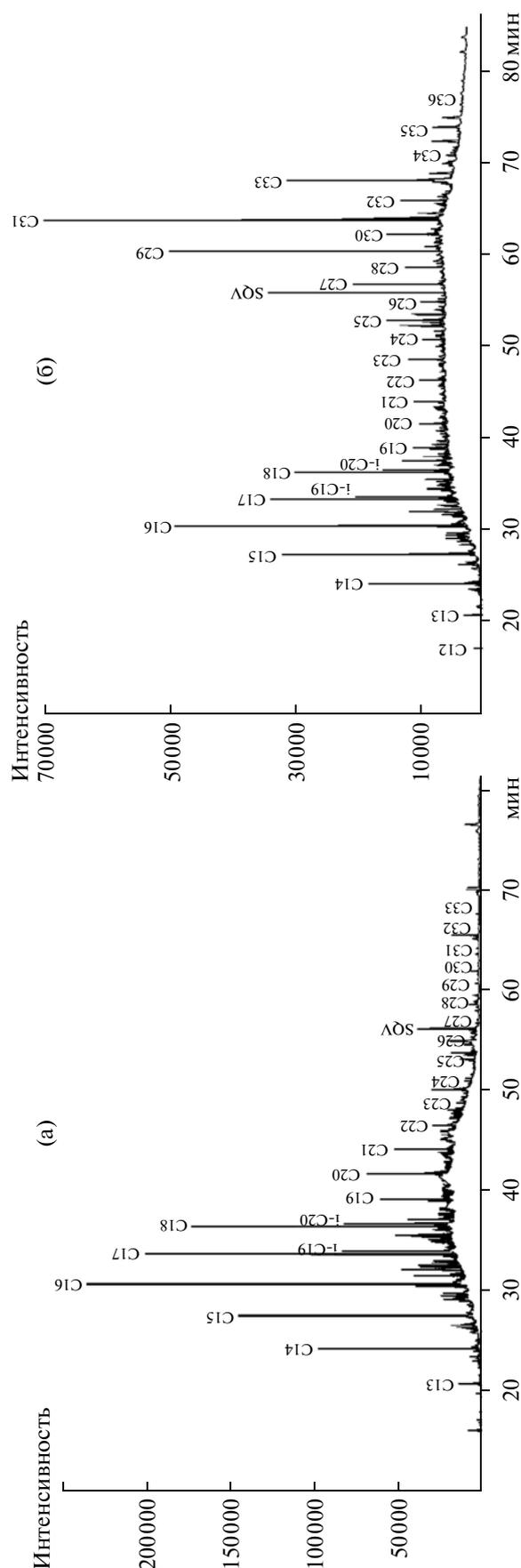
Рис. 3. Типичные газохроматографические спектры n -алканов, выделенные из донных осадков р. Кай. (а) – ст. 1, (б) – ст. 5.

тически не изменялась (0.6–0.7) от истока до устья реки. Отсутствие характерных пиков не позволяет связать природу ОВ гидробионтов с той или иной группой организмов, однако, картина распределения без четкого доминирования четных/нечетных n -алканов в низкомолекулярной области (рис. 2, 3) позволяет говорить об активной микробиологической трансформации автохтонной части ОВ осадков на всей исследованной акватории [13, 14, 17].

В области высокомолекулярных углеводородов наблюдалось доминирование нечетных гомологов ($СРІ = 5.6$ в среднем), с максимальными значениями в диапазоне C_{29} – C_{33} (рис. 2), что характерно для остатков восков сосудистых растений [2, 20]. Доминирование n - C_{31} в ряду соседних с ним гомологов также может свидетельствовать об эоловом источнике ОВ, например спор и пыльцы высших растений [7]. При микробиологической деградации алканов утилизируются преимущественно низкомолекулярные гомологи ($<C_{20}$) и относительно мало потребляются высокомолекулярные, поэтому в процессе седиментации и накопления ОВ в осадке в результате биodeградации избирательно сохраняются длинноцепочечные n -алканы [2]. Высокие индексы $СРІ$ в данном случае свидетельствуют о значительной роли высших растений в формировании состава ОВ конуса выноса реки [15].

В результате анализа геохимических индексов и группового распределения n -алканов нами было выявлено три генетических типа ОВ: *I тип* – органическое вещество автохтонного генезиса приурочено к участкам верхнего (ст. 1) и среднего (ст. 2) течения р. Кай, а также ее притокам Кхе и Кау. ОВ сформировано преимущественно за счет развития фитобентоса. *II тип* – органическое вещество смешанного генезиса. Типично для зоны нижнего течения реки (станции 3 и 4) и ее равнинного притока Зау. *III тип* – органическое вещество преимущественно терригенного генезиса. Характерно для осадков, отлагающихся в зоне конуса выноса реки (станции 5 и 6). ОВ представлено главным образом остатками высших растений.

В качестве индикатора условий седиментации и раннегенетической трансформации ОВ часто используют соотношение изопреноидов (Pr/Ph). Недостаток кислорода в осадке приводит к преимущественной консервации хлорофилла в виде хлоринов и в дальнейшем к их превращению при окислительных условиях в пристан (Pr), а при восстановительных условиях в фитан (Ph) [18]. Величина отношения Pr/Ph на всех изученных участках реки, ее притоках варьирует от 0.8 до 1.8 (1.3 сред-



нее), что отражает влияние окислительных условий на формирование ОВ данной акватории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В поверхностных водах изученного бассейна р. Кай ОВ находится преимущественно в растворенной форме ($C^P/C^B = 3$). Доля $C_{орг}$ в составе взвеси (4.9%) выше, по сравнению со средним содержанием для рек мира (2.5%). Для донных осадков установлено три типа ОВ (автохтонный, смешанный, терригенный), которые от истока к устью последовательно сменяют друг друга. На всей изученной акватории формирование органического вещества осадков происходит под влиянием окислительных условий среды и активной микробиологической трансформации автохтонной составляющей.

Авторы благодарят сотрудников лаборатории химии океана проф. д.г.-м.н. Е.А. Романкевича и н.с. Н.А. Беляева за проявленный интерес к работе и ценные замечания, высказанные в процессе подготовки публикации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-05-31059 мол_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемьев В.Е.* Геохимия органического вещества в системе река-море. М.: Наука, 1993. 204 с.
2. *Беляева А.Н., Шелагина И.А.* Роль сорбционных процессов в формировании состава алканов терригенных донных осадков // Докл. РАН. 1993. Т. 331. № 5. С. 599–602.
3. *Кравчишина М.Д., Лисицын А.П.* Гранулометрический состав взвешенных веществ в маргинальном фильтре реки Северной Двины // Океанология. 2011. Т. 51. № 1. С. 94–109.
4. *Лисицын А.П.* Маргинальные фильтры и биофильтры Мирового океана / Океанология на старте 21-го века / Ред. Верещака А.Л. М.: Наука, 2008. С. 159–224.
5. *Лобус Н.В., Комов В.Т., Нгуен Тхи Хай Тхань* Содержание ртути в компонентах экосистем водоемов и водотоков провинции Кхань Хоа (Центральный Вьетнам) // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 6. С. 733–739.
6. Особенности структуры функционирования прибрежных планктонных сообществ Южно-Китайского моря (на примере планктонных сообществ залива Нячанг) / Ред. Павлов Д.С. и др. М.: Геос, 2006. 280 с.
7. *Пересыпкин В.И., Романкевич Е.А.* Биогеохимия лигнина. М.: Геос, 2010. 340 с.
8. *Пересыпкин В.И., Смуров А.В., Шульга Н.А. и др.* Состав органического вещества воды, взвеси и донных осадков залива Нячанг (Вьетнам, Южно-Китайское море) // Океанология. 2011. Т. 51 № 6. С. 1020–1029.
9. *Романкевич Е.А.* Органическое вещество океана. М.: Наука, 1977. 256 с.
10. *Романкевич Е.А., Ветров А.А.* Массы углерода в гидросфере Земли // Геохимия. 2013. № 6. С. 483–509.
11. *Савенко В.С.* Химический состав взвешенных наносов рек мира. М.: ГЕОС, 2006. 175 с.
12. Экология внутренних вод Вьетнама / Ред. Павлов Д.С., Зворыкин Д.Д. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 432 с.
13. *Ahad J.M., Ganeshram R.S., Bryant C.L. et al.* Sources of n-alkanes in an urbanized estuary: Insights from molecular distributions and compound-specific stable and radiocarbon isotopes // Marine Chemistry. 2011. V. 126. P. 239–249.
14. *Elias V.O., Simoneit B.R.T., Cardoso J.R.* Even n-alkane predominances on the Amazon Shelf and a Northeast Pacific Hydrothermal System // Naturwissenschaften. 1997. V. 84. P. 415–420.
15. *Jeng W.L.* Higher plant n-alkane average chain length as an indicator of petrogenic hydrocarbon contamination in marine sediments // Marine Chemistry. 2006. V. 102. P. 242–251.
16. *Lorenzen J.* Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations // Limnol., Oceanogr. 1967. V. 12. № 2. P. 343–346.
17. *Nishimura M., Baker E.W.* Possible origin of n-alkanes with a remarkable even-to-odd predominance in recent marine sediments // Geoch. et Cosmoch. Acta. 1986. V. 50. P. 299–305.
18. *Peters K.E., Walters C.C., Moldowan M.J.* The Biomarker Guide. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. V. 1–2. 1155 p.
19. *Rowan K.S.* Photosynthetic pigments of algae. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 334 p.
20. *Souza D.B., Machado K.S., Froehner S. et al.* Distribution of n-alkanes in lacustrine sediments from subtropical lake in Brazil // Chemie der Erde. 2011. V. 71. P. 171–176.

Dissolved, Particulate and Sedimentary Organic Matter in the Khai River – Nha Trang Bay System (South-China Sea)

N. V. Lobus, V. I. Peresyppkin, N. A. Shulga, A. N. Drozdova, E. S. Gesev

We report the novel data on the organic carbon content in water, suspended matter and bottom sediments of Khai River and its tributaries. In the surface waters of the basin OM is presented mainly by dissolved form (DOM/SOM = 3). The fraction of $C_{орг}$ in suspended matter is about 4.9% (mean value). Three types of OM were identified in sediments, namely autochthonous, mixed, and predominantly terrigenous ones, that replace each other consistently in down to river. All types of OM are closely related to the specific sedimentation and hydrodynamics in the basin. Geochemical indices (Pr/Ph, OEP₁₇₋₁₉, CPI) reflects the influence of oxidizing conditions during the OM formation and active microbiological transformation of its autochthonous part.