

УДК 551

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕЛИТОВОГО КОМПОНЕНТА ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКОВ СОВРЕМЕННЫХ КРУПНЫХ РЕК. НАСКОЛЬКО ОНИ УСТОЙЧИВЫ ВВЕРХ ПО ТЕЧЕНИЮ?

© 2024 г. А. В. Маслов^{a,*}, И. А. Немировская^{b,**}, В. П. Шевченко^{b,***}

^aГеологический институт РАН,
Пыжевский пер., 7, стр. 1, Москва, 119017 Россия

^bИнститут океанологии им. П.П. Шишова РАН,
Нахимовский просп., 36, Москва, 117997 Россия

*e-mail: amas2004@mail.ru

**e-mail: nemir44@mail.ru

***e-mail: vshevch@ocean.ru

Поступила в редакцию 12.01.2024 г.

После доработки 18.04.2024 г.

Принята к публикации 03.07.2024 г.

Проанализированы геохимические характеристики серых илов Волги, взвеси Лены и алевритово-пелитовой фракции донных отложений Янцзы (значения $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* , содержание Th). Установлено, что практически во всех случаях указанные параметры нормированных к хондриту спектров лантаноидов и содержание Th оказываются сопоставимыми с их величинами, определенными для специальным образом (удаление нетерригенных носителей редкоземельных элементов — карбонатных минералов, оксигидроксидов Fe-Mn и органических компонентов) подготовленных пелитовых фракций донных осадков приустьевых участков названных крупных рек, и сохраняются таковыми на тысячи километров вверх от их дельт/устьев. Зарегулированность стока Волги и Янцзы существенного значения на рассматриваемые параметры донных осадков не оказывает.

Ключевые слова: Волга, Лена, Янцзы, серые илы, взвесь, алевритово-пелитовая фракция донных отложений, геохимические характеристики, крупные реки

DOI: 10.31857/S0024497X24060032, **EDN:** WVPRDQ

Речной сток — один из основных источников поступления растворенного и твердого (взвешенного и влекомого) материала в океан [Лисицын, 1974; Гордеев, 1983, 2012 и др.; Martin, Whitfield, 1983; Potter, Hamblin, 2005; Viers et al., 2009; и др.]. В известной монографии А.П. Лисицына [1974] его доля оценена примерно в 75% от всего терригенного материала, аккумулируемого океаном, а 11 крупнейших рек мира несут в океан ~35% такого материала [Drake, 1976; Potter, 1978; Miall, 2006]. Изучению химического состава речных взвесей в настоящее время уделяется все больше внимания, в том числе в связи с анализом особенностей выветривания алюмосиликатных минералов суши в рамках создания долгосрочных моделей изменения климата [Ludwig et al., 1998; Dessert et al., 2003; Amiotte-Suchet et al., 2003; Gislason et al., 2006; Pokrovsky et al., 2012; Viers

et al., 2014; Krickov et al., 2020; и др.], для оценки качества воды, транзита и накопления загрязняющих веществ [Nriagu, 1988; Nriagu, Pacyna, 1988; Янин, 2002; Syvitski et al., 2005; Audry et al., 2006; Walling, 2006; Алексеевский, 2007; Магрицкий, 2010; Касимов, 2013; Ефимов, 2023; и др.] и решения целого ряда других фундаментальных проблем. Широкомасштабные исследования взвеси рек в последние десятилетия позволили лучше понять процессы рециклинга и роста континентальной коры [Taylor, McLennan, 1985; Goldstein, Jacobsen, 1988; Cawood et al., 2003; Condie et al., 2011; и др.], оценить скорость денудации континентов и основные факторы ее контролирующие [Walling, Fang, 2003; Syvitski et al., 2005], а также решить ряд других крупных задач.

Основную роль в формировании химического облика речных взвесей играют состав пород

и почв водосборов, а также их рельеф и климат [Страхов, 1954, 1960 и др.; Лисицын, 1974; Гордеев, 1983, 2012; Савенко, 2006; Гордеев, Лисицын, 2014]; в последние десятилетия заметный вклад вносит и хозяйственная деятельность человека [Borrelli et al., 2017; Chalov et al., 2018; и др.]. Характер и количество материала, переносимого реками, сильно зависят от особенностей выветривания на водосборах. При интенсивном физическом выветривании образуется большое количество переносимого рекой незрелого обломочного материала, состав и геохимические особенности которого в существенной степени сопоставимы с составом пород водосборов. При доминировании химического выветривания, на площадях водосборов формируются почвы и коры выветривания, выступающие источниками взвесей, которые по сравнению с верхней континентальной корой содержат больше Al, Fe и Ti, и обеднены Rb, K, Ba, Sr, Na, Ca и некоторыми другими элементами [Viers et al., 2009]. Разные элементы имеют и разную географическую изменчивость уровня концентрации во взвеси рек. Наиболее постоянны в этом отношении редкоземельные элементы (РЗЭ) и Th, коэффициенты вариации для которых составляют <20% [Гордеев, 1983].

Химический состав взвеси рек Мира рассматривался ранее рядом специалистов [Martin, Meybeck, 1979; Martin, Whitfield, 1983; Гордеев, 1983, 2012 и др.; Савенко и др., 2004; Савенко, 2006], а авторы работы [Viers et al., 2009], кроме того, создали своеобразные “моментальные снимки” потоков элементов для каждого континента. В недавней публикации на эту тему Ж. Байона с соавторами [Bayon et al., 2015] представлена информация о составе специальным образом обработанного (удаление нетерригенных носителей редкоземельных элементов – карбонатных минералов, оксигидроксидов Fe-Mn и органических компонентов) пелитового (<2 мкм) и алевритового (2–63 мкм) материала поверхностных донных осадков приустьевых частей более 50 современных рек четырех категорий. К первой из них принадлежат крупные реки (World's major rivers), т.е. реки с площадью водосборного бассейна >100000 км² (это определение совпадает с представлениями П. Поттера [Potter, 1978], одного из первых, кто обратился к проблеме крупных рек, и считавшего таковыми реки с длиной >1000 км и площадью водосбора >100000 км²). Ко второй категории относятся реки, дренирующие “смешанные/осадочные” образования (rivers draining “mixed/sedimentary” formations); площадь их водосбора <100000 км².

Третья категория включает реки, питающиеся продуктами размыва “магматических/метаморфических” террейнов (rivers draining “igneous/metamorphic” terranes), а четвертая – реки, дренирующие “вулканические” породы (rivers draining “volcanic” rocks).

На основе приведенной в работе [Bayon et al., 2015] информации нами построены диаграммы $(La/Yb)_N - Eu/Eu^*$ и $(La/Yb)_N - \epsilon_{Nd}(0)$ с полями состава пелитовой фракции донных осадков приустьевых участков современных рек указанных выше категорий (расчет значений $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* выполнен в соответствии с подходом, описанным в монографии [Taylor, McLennan, 1985]; хондрит из указанной публикации использован для нормирования (“_N”). Эти диаграммы были впервые использованы при сопоставлении систематики РЗЭ и Th поверхностных донных осадков Каспийского моря и пелитовых фракций осадков приустьевых участков рек разных категорий [Маслов и др., 2017]. Позднее этот подход был применен при рассмотрении особенностей распределения РЗЭ и Th во взвешенном материале крупных рек Российской Арктики [Маслов, Шевченко, 2019], а также глинистых породах ряда других объектов широкого возрастного диапазона [Маслов, 2019, 2020а, 2020б, 2022; Маслов, Мельничук, 2023; Маслов, Подковыров, 2021а, 2021б, 2021в].

Сравнение положения на указанных и ряде других парных диаграмм положения точек состава пелитовых (<2 мкм) фракций донных осадков приустьевых участков рек (данные из работы [Bayon et al., 2015]) и точек состава взвешенных наносов тех же рек (Амазонка, Конго, Миссисипи, Нигер, Янцзы, Маккензи, Волга, Дунай, Меконг, Амударья, Северная Двина и Луара, все относятся к категории 1), аналитические данные для которых суммированы в монографии [Савенко, 2006], позволяет увидеть следующее. На диаграмме $(La/Yb)_N - Eu/Eu^*$ (рис. 1а) точки состава пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей крупных современных рек, аналитические данные для которых получены по специально обработанным пробам [Bayon et al., 2015], образуют поле, описываемое значениями $7 < (La/Yb)_N < 20$ и $0.60 < Eu/Eu^* < 0.80$. В это поле попадают практически все (за исключением точки наносов Конго) фигуративные точки взвесей перечисленных выше рек, данные по которым систематизированы в работе [Савенко, 2006]. Близкую ситуацию можно наблюдать и на диаграмме $(La/Yb)_N - Th$ (см. рис. 1б). Здесь фигуративные точки пелитовых фракций

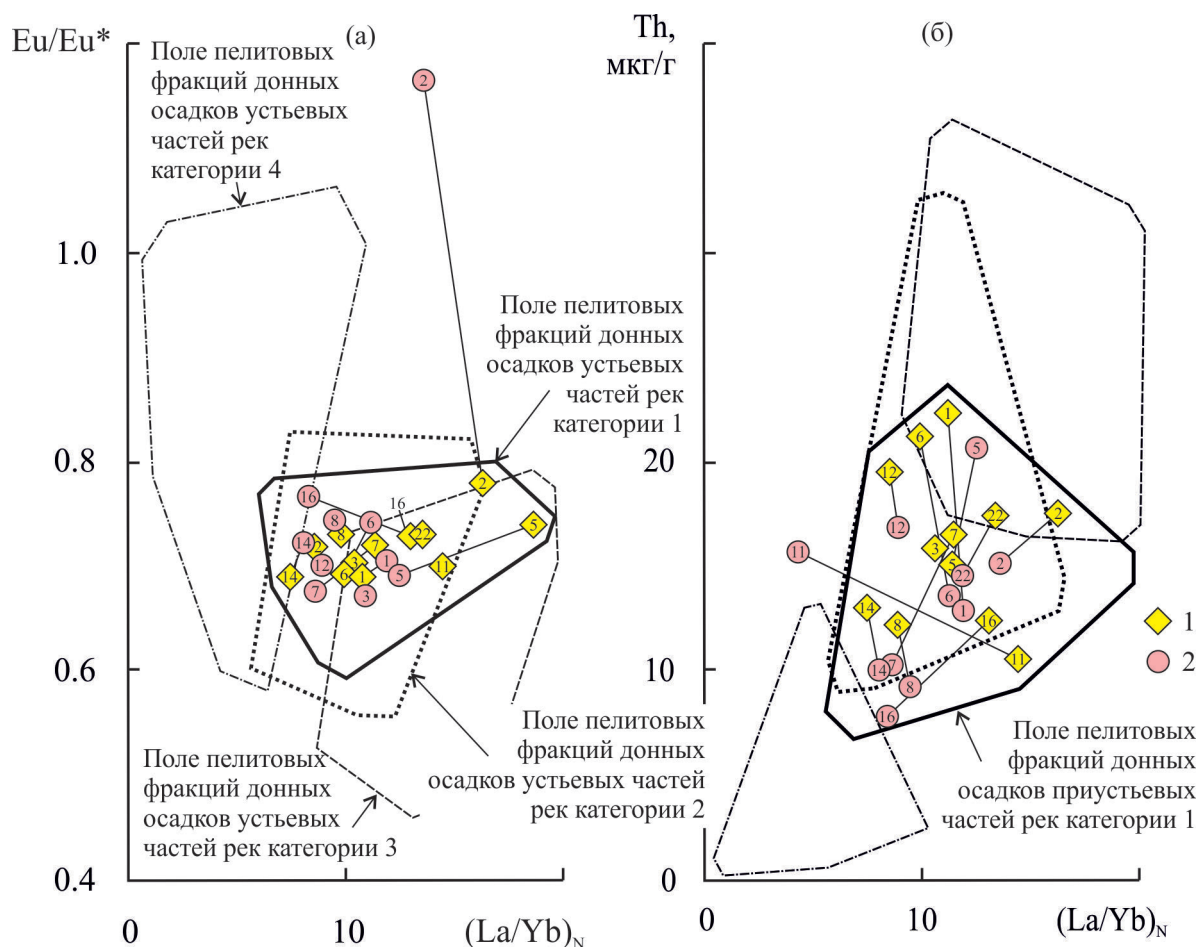


Рис. 1. Положение фигуративных точек пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей и взвешенного материала ряда крупных современных рек (реки категорий 1) на диаграммах $(La/Yb)_N$ – Eu/Eu^* (а) и $(La/Yb)_N$ – Th (б). 1 – данные из работы [Bayon et al., 2015]; 2 – данные из монографии [Савенко, 2006].

Числами на рисунке показаны точки состава пелитовой фракции донных осадков и взвеси следующих рек (в соответствии с их номерами в публикации [Bayon et al., 2015]): 1 – Амазонка; 2 – Конго; 3 – Миссисипи; 5 – Нигер; 6 – Янцзы; 7 – Маккензи; 8 – Волга; 11 – Дунай; 12 – Меконг; 14 – Амударья; 16 – Северная Двина; 22 – Луара.

донных осадков приустьевых частей рек категории 1 образуют поле, описываемое значениями $7 < (La/Yb)_N < 20$ и $6 < Th < 23$. В этом же поле локализованы и практически все точки состава взвеси перечисленных рек, нанесенные на основе данных о содержании лантаноидов и Th, приведенных в монографии [Савенко, 2006]. Единственное исключение – взвесь Дуная. Очевидно, что фигуративные точки пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей современных рек категории 1 и их взвеси локализованы на диаграммах $(La/Yb)_N$ – Eu/Eu^* и $(La/Yb)_N$ – Th в одном и том же поле состава тонкой алюмосиликокластики рек категории 1, хотя значения $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* , как и содержания Th, для одной и той же реки заметно варьируют. Из сказанного следует, что использование данных о химическом составе валовых, специальным образом

не обработанных, проб речной взвеси, позволяет сделать достаточно корректные выводы относительно категорий рек, транспортирующих сейчас, и, вероятно, транспортировавших в геологическом прошлом, тонкую алюмосиликокластику в конечные водоемы стока [Маслов, 2024].

Рассчитанные по аналитическим данным, полученным для пелитовых или алевритовых фракций донных осадков, собранных в устьях рек (разрядка авторов), включая некоторые из крупнейших водных артерий (“...for a large number of sediments collected near the mouth of rivers worldwide, including some of the world’s major rivers”) [Bayon et al., 2015, p. 17], параметры нормированных на хондрит спектров распределения РЗЭ и ряд других геохимических характеристик (своеобразные геохимические метки разных

категорий рек) “распространяются” в итоге на всю реку. Однако, возникает вопрос — насколько далеко/высоко от устья/дельты той или иной реки (в том числе и в разной степени зарегулированных) названные характеристики сохраняются/прослеживаются?

В настоящей работе мы хотим найти ответ на этот вопрос или, так или иначе, подойти к нему на примере трех современных рек — Волги (почти полностью зарегулированной), Лены (практически незарегулированной, кроме водохранилища в верховьях Вилюя) и Янцзы (в существенной степени зарегулированной в среднем течении), относящимся к категории 1 (крупные реки) [Bayon et al., 2015]. Мы используем при этом аналитические данные, полученные разными авторами, в том числе и нами, для разных объектов (серые илы Волги, взвесь Лены и алевроитово-пелитовая фракция донных осадков Янцзы). При оценке результатов мы имеем в виду высказывание В.С. Савенко [2006, с. 79] о том, что “... расхождение средних содержаний р.з.э. в речных взвесах и глинистых сланцах не превышают 20–30%, т.е. совпадают в пределах доступной в настоящее время точности расчетов”. Если глинистые сланцы можно с определенной долей условности рассматривать как синоним термина “речная взвесь”, то что препятствует считать подобными в первом приближении друг другу и серые илы, и взвесь и алевроитово-пелитовые фракции донных осадков? Важно также помнить, что различить взвешенный и влекомый материал рек по механическому составу невозможно, так как частицы одного и того же размера могут принадлежать обоим типам наносов [Гордеев, 1983].

Мы отдаем себе отчет в том, что формирование химического состава речной взвеси обусловлено комплексом факторов [Лисицын, 1974, 1991, 2014; Гордеев, Лисицын, 1978; Martin, Meybeck, 1979; Гордеев, 1983, 2012; Савенко, 2006; Viers et al., 2009; Gaillardet et al., 2014]. Мы имеем в виду, что гранулометрический состав отложений и тяжелые минералы в них влияют на геохимические характеристики валовых проб, особенно на распределение РЗЭ [Garzanti et al., 2008, 2011 и др.]. Мы понимаем, что используем далее информацию по несколько разным объектам, хотя можно думать, что именно тонкая взвесь является основным компонентом алевроитово-пелитовых (<63 мкм) фракций речных донных осадков. Мы также заранее согласны с теми, кто посчитает, что общее количество использованных нами аналитических данных ничтожно, а в пределах одного поперечного профиля Волги в окрестностях Ярославля

или Саратова можно отобрать пробы серых илов с весьма широким разбросом основных параметров спектров распределения РЗЭ. Однако данная работа — первая попытка поиска ответа на обозначенный выше вопрос и детальное обсуждение отмеченных и подобных им “осложняющих моментов” не входило в полной мере в нашу задачу.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Волга и ее притоки

Площадь водосборного бассейна Волги составляет $1.36 \cdot 10^6$ км², длина — 3530 км. С учетом административной принадлежности ее бассейн подразделяется на Верхнюю, Среднюю и Нижнюю Волгу [Загрязняющие ..., 2017; и др.]. К Верхней Волге относится район от ее истоков до Горьковского водохранилища и бассейн Оки. Средняя Волга объединяет водосбор от Горьковского водохранилища до Куйбышевской ГЭС (в том числе Чебоксарское водохранилище и бассейн Камы). К Нижней Волге принадлежат Саратовское и Волгоградское водохранилища, Волго-Ахтубинская пойма и Волжская дельта. На Волге и ее притоках — Шексне и Каме — в конце 1950–1960 гг. построено и функционирует 12 водохранилищ (Иваньковское, Рыбинское, Куйбышевское, Саратовское, Шекснинское, Камское и др.).

Водосбор Верхней Волги сложен известняками, доломитами, мергелями, песчаниками, песками, алевролитами и глинами верхнего девона и карбона. В районе г. Рыбинска на левом берегу Волги обнажены пески и песчаники юры и мела, перекрытые моренными, флювио- и озерно-ледниковыми четвертичными отложениями (глины и суглинки, пески и супеси с гравием, гальками и валунами кристаллических пород и др.). В пределах Даниловской возвышенности, а также к югу от г. Кинешма распространены породы триаса. Известняки карбона играют заметную роль и на Средней Волге, однако наиболее широко здесь распространены красноцветные терригенные, часто с гипсами, породы перми, юрские и меловые глины, горючие сланцы, мел и опоки. В бассейне Нижней Волги развиты юрские и меловые осадочные породы, а также кайнозойские пески и песчаники, глины и супеси. Таким образом, источниками материала, слагающего донные отложения Волги и волжского каскада водохранилищ, выступают преимущественно осадочные породы фанерозоя [Геология ..., 1967; Геологическая ..., 1988; Объяснительная ..., 1996; Государственная ..., 1999, 2015; Волга ..., 2012]. По данным

В.В. Гордеева [1983], пелитовая фракция взвеси Волги почти на 90% представлена иллитом, хлоритом, смектитом и каолинитом. Это обусловлено близким положением их источников, в роли которых выступают глинистые и суглинистые почвы прилежащих к водохранилищам водосборов [Законнов и др., 2010; Законнов, 2016].

В основу настоящей публикации положены сведения о содержании РЗЭ в валовых пробах серого ила Волги и приустьевых частей Оки и Камы, отобранных И.А. Немировской [Немировская и др., 2017; Маслов и др., 2022] в экспедиции на НИС “Академик Топчиев” летом 2016 г. (табл. 1). К сожалению, содержание Th в пробах, определенное методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН, оказалось заниженным и эти данные невозможно принимать во внимание. Серые илы вместе с песчанистыми их разновидностями занимают иногда более 60% площади дна волжских водохранилищ [Буторин и др., 1975; Законнов, 2007; Законнов и др., 2007]. По классификации [Безруков, Лисицын, 1960] это мелкоалевритовые и алевритово-глинистые илы.

Лена и ее притоки

Площадь водосборного бассейна Лены составляет $2.49 \cdot 10^6$ км², длина около 4300 км. Характеристика взвеси Лены и ряда ее крупных притоков (данных по геохимии донных отложений Лены в нашем распоряжении нет) в настоящей публикации основывается на аналитических данных (метод ICP-MS) из работ [Rachold et al., 1996; Rachold, 1999] (см. табл. 1). Пробы взвеси получены с использованием фильтров с размером пор 0.4 мкм во время экспедиций специалистов МГУ и Института полярных и морских исследований имени Альфреда Вегенера (Германия) в бассейне Лены в 1994 и 1995 гг. Пробы отобраны в среднем и нижнем течении Лены, в приустьевых частях Вилюя и Алдана, а также на ряде притоков Лены в районе г. Олекминск. Однако не для всех из них оказалось возможным найти в опубликованной литературе аналитическую информацию. Основными компонентами взвеси Лены являются кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз и иллит, к второстепенным принадлежат — смешанослойное образование типа иллит-смектит и амфибол [Rachold, 1999].

Течение Лены подразделяется на верхнее (выше устья Алдана), среднее (от устья Алдана до устья Витима) и нижнее (ниже устья Витима). Основная часть водосборного бассейна Лены приходится на Сибирскую платформу. Последняя граничит на юге с Байкальской

складчатой областью, на юго-востоке — с Охотско-Чукотским вулканогенным поясом, а на северо-востоке — с Верхояно-Колымской складчатой областью. Сибирская платформа сложена преимущественно карбонатными, карбонатно-терригенными и терригенными отложениями протерозоя, кембрия, юры и мела, а также четвертичными образованиями. На северо-западе водосборного бассейна находится Оленек-Вилюйское плоскогорье, в пределах которого распространены основные вулканы (траппы) перми и триаса. Находящееся на юго-востоке Алданское нагорье — область распространения архейско-протерозойских образований. Байкальская складчатая область является для Лены источником продуктов эрозии протерозойских гнейсов, кристаллических сланцев, кварцитов и мраморов. Геохимические особенности формирующихся здесь взвесей в той или иной мере могут быть оценены по среднему составу взвеси Чары. Из Верхояно-Колымской складчатой области в Лену поступает материал размыва терригенных толщ перми и карбона, а также вулканитов и гранитоидов триаса и юры [Rachold et al., 1996; Rachold, 1999]. Геохимические характеристики этого материала иллюстрирует средний состав взвеси правых притоков Лены — Джарджан и Мэнкэрэ [Rachold, 1999]. На территории водосборного бассейна Лены есть только Вилюйское водохранилище (образовано в 1965–1967 гг.) в верховьях Вилюя.

Как показано в работе [Rachold et al., 1996], характер распределения РЗЭ во взвеси Лены похож на распределение лантаноидов во взвеси других крупных рек, где наблюдается небольшое обогащение легкими РЗЭ и дефицит тяжелых РЗЭ. Основная причина сказанного — значительный размер водосборного бассейна Лены (известно, что, если последний достаточно велик, характер распределения РЗЭ во взвеси не отличается от распределения лантаноидов в верхней континентальной коре [Martin et al., 1976; Goldstein, Jacobsen, 1988]). Распределение РЗЭ во взвеси Алдана похоже на то, что присуще и взвеси Лены, так как геологическое строение его водосборного бассейна почти такое же, как и бассейна Лены. Для взвеси Вилюя характерна положительная Eu_{NASC} аномалия, что вызвано присутствием в его верховьях базальтовых туфов и траппов триаса [Rachold et al., 1996].

Янцзы и ее притоки

Площадь водосборного бассейна Янцзы составляет $1.80 \cdot 10^6$ км², длина — 6300 км. Водосбор

Таблица 1. Содержание некоторых редкоземельных элементов и Th, а также значения ряда индикаторных отношений в пробах серых илов Волги и ее притоков [Маслов и др., 2022], взвеси Лены и ее притоков [Rachold et al., 1996; Rachold, 1999] и алеритово-пелитовой фракции донных отложений Янцзы и ее притоков [He et al., 2014]

Компонент, отношение	Волга																	Притоки Волги				Лена
	Станция																					
	7	14	15	16	17	18	20	26	28	37	41	44	46	53	55	65	82	ок-1	ок-2	39	1	
La, мкг/г	18.61	7.01	17.66	7.03	27.51	10.19	22.91	26.53	22.45	8.47	35.41	29.50	30.97	18.24	22.07	24.47	15.56	10.79	21.44	16.49	47.10	
Sm	3.56	1.32	3.27	1.32	5.45	2.06	5.03	5.72	4.54	1.67	6.74	6.10	7.13	3.83	4.58	5.00	3.25	2.06	4.19	4.98	6.94	
Eu	0.79	0.39	0.72	0.36	1.14	0.50	1.06	1.15	0.95	0.37	1.46	1.30	1.49	0.89	1.02	1.07	0.77	0.48	0.89	1.10	1.45	
Gd	3.27	1.34	2.96	1.23	4.80	1.86	4.22	4.81	3.95	1.50	5.90	5.21	6.12	3.53	4.10	4.37	2.91	1.89	3.75	4.44	6.58	
Yb	1.50	0.64	1.38	0.53	2.15	0.82	1.83	2.13	1.83	0.71	2.83	2.40	3.03	1.70	1.87	1.89	1.37	1.02	1.89	2.60	2.52	
Th	5.63	1.29	5.12	1.68	9.05	2.77	7.66	8.90	6.95	2.29	12.49	8.70	10.70	5.47	6.94	7.87	4.40	3.24	6.60	7.16	13.80	
(La/Yb) _N	8.37	7.44	8.66	8.94	8.64	8.37	8.48	8.42	8.30	8.02	8.46	8.31	6.90	7.26	7.96	8.75	7.68	7.15	7.67	4.29	12.63	
Eu/Eu*	0.71	0.89	0.71	0.87	0.68	0.77	0.70	0.67	0.69	0.71	0.71	0.70	0.69	0.74	0.72	0.70	0.76	0.74	0.69	0.71	0.66	
Компонент, отношение	Лена																	Притоки Лены				Янцзы
	Станция																					
	2	4	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	21	L1	L2	L3	L4	L5	1	2	3	
La, мкг/г	53.00	43.90	41.70	44.40	43.30	43.70	42.30	43.70	29.10	43.70	42.50	48.00	43.30	51.00	33.00	30.00	38.00	32.00	25.49	39.62	38.55	
Sm	7.74	6.78	6.60	6.70	6.62	6.71	6.67	6.73	4.46	6.63	6.46	7.60	6.57	8.00	5.60	4.80	6.20	5.40	3.79	6.62	6.27	
Eu	1.6	1.48	1.50	1.53	1.47	1.52	1.53	1.49	1.15	1.51	1.48	1.74	1.57	1.80	1.50	1.50	1.90	1.60	0.75	1.35	1.27	
Gd	7.16	6.25	6.33	6.34	6.13	6.13	6.16	6.34	4.18	6.19	6.15	7.15	6.26	7.00	5.50	5.00	6.60	5.80	3.11	6.01	5.64	
Yb	2.46	2.45	2.84	2.75	2.71	2.48	2.86	2.66	1.66	2.40	2.43	2.73	2.33	2.00	2.00	2.00	2.80	2.40	1.69	3.61	3.22	
Th	14.4	13.70	12.9	13.00	12.20	11.50	12.40	12.00	7.10	11.50	11.50	12.80	11.80	14.00	9.30	8.30	12.40	11.20	9.74	12.66	11.77	
(La/Yb) _N	14.56	12.11	9.92	10.91	10.80	11.91	9.99	11.10	11.85	12.3	11.82	11.88	12.56	17.23	11.15	10.14	9.17	9.01	10.19	7.42	8.09	
Eu/Eu*	0.66	0.69	0.71	0.72	0.71	0.72	0.73	0.70	0.81	0.72	0.72	0.72	0.75	0.74	0.83	0.94	0.91	0.87	0.67	0.65	0.65	
Компонент, отношение	Янцзы																	Притоки Янцзы				Янцзы
	Станция																					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	4a	8a	10a	15a	
La, мкг/г	37.22	41.38	48.82	39.23	73.90	45.95	68.01	50.23	27.10	34.53	51.09	56.45	41.03	40.01	50.30	103.11	70.35	87.02	56.35	35.28	43.85	
Sm	6.51	7.40	7.85	6.69	12.19	7.06	10.82	8.57	5.34	5.79	8.59	8.92	6.76	7.11	9.17	16.26	11.13	8.84	8.34	6.12	7.81	
Eu	1.45	1.64	1.74	1.57	2.87	1.48	2.31	1.65	1.07	1.23	1.76	1.62	1.43	1.45	1.93	2.67	1.99	1.85	1.43	1.19	1.56	
Gd	5.89	6.53	6.83	5.62	10.76	5.94	7.92	7.12	4.60	4.83	6.57	7.82	5.83	5.99	8.17	14.42	9.39	7.59	5.94	5.33	7.00	
Yb	2.92	3.26	3.73	2.82	6.62	3.08	4.62	4.11	2.59	1.94	3.68	4.71	3.13	3.21	3.64	9.84	5.35	3.74	3.94	2.71	3.63	
Th	7.19	8.12	8.39	10.32	22.49	10.31	24.38	15.81	7.24	8.72	17.72	19.15	10.44	10.36	9.72	31.31	19.97	12.4	16.1	10.05	11.14	
(La/Yb) _N	8.61	8.58	8.84	9.40	7.54	10.08	9.95	8.26	7.07	12.03	9.38	8.10	8.86	8.42	9.34	7.08	8.89	15.72	9.66	8.80	8.16	
Eu/Eu*	0.72	0.72	0.73	0.78	0.77	0.70	0.76	0.65	0.66	0.71	0.72	0.59	0.70	0.68	0.68	0.53	0.59	0.69	0.62	0.64	0.64	

подразделяется на несколько провинций: 1) северо-восток Тибетского нагорья; 2) горы Лунмэнь-Шаня; 3) бассейн/котловина Сычуань; 4) горы и межгорные понижения/территория “Трех ущелий”; 5) восточные низменности. Течение Янцзы можно разделить на верхнее (здесь распространены мезозойские карбонатно-терригенные отложения, а в Тибетском нагорье – орто- и параметаморфиты и карбонатные породы), среднее и нижнее (на этой территории присутствуют морские образования палеозоя, а также озерно-флювиальные четвертичные отложения, средние и кислые магматические породы и метаморфиты). Янцзы питается продуктами эрозии комплексов пород (карбонатные породы, песчаники, вулканиты и гнейсы) кратона Янцзы и блока Камдо, террейна Сунпан-Гарзе, орогенного пояса Циньлин-Даби и блока Катазия [He et al., 2013, 2014]. С 1988 г. на Янцзы на отрезке 1800–3400 км от устья построено 6 плотин/водохранилищ, в том числе крупнейшая в мире ГЭС “Три ущелья”.

Для исследования геохимических характеристик донных осадков Янцзы использована аналитическая информация (метод ICP-MS) по алевритово-пелитовым (<63 мкм) их фракциям [He et al., 2014] и составе таких же фракций ряда крупных притоков (см. табл. 1). Предварительно из проб были удалены карбонаты и органика. По представлениям названных авторов, основанным, в том числе и на данных о Sm-Nd систематике, большинство донных осадков Янцзы формируется из продуктов эрозии пород одноименного кратона, террейна Сонгпан-Гарзэ (Восточный Тибет), а также провинции Юньнань. Данные по геохимии взвеси Янцзы на всем ее протяжении нам, к сожалению, не известны.

Считается, что отложения Янцзы не обнаруживают какой-либо тенденции к изменению химического состава на всем ее протяжении [He et al., 2014]. По данным авторов указанной работы, алевритово-пелитовые их фракции имеют при нормировании на хондрит сходный тип распределения РЗЭ, что можно рассматривать как отсутствие влияния определенного притока/источника. В целом во фракции <63 мкм связь между размерностью материала и содержанием РЗЭ выражена слабо. Высокозарядные элементы, а также РЗЭ демонстрируют некоторую зависимость от содержания тяжелых минералов, интенсивности химического выветривания и состава источников кластики [He et al., 2015].

ОБСУЖДЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Волга и ее притоки

В работе [Bayon et al., 2015], как и во всех других, подобного рода публикациях, Волга отнесена к категории крупных рек (реки категории 1). На диаграмме $(La/Yb)_N - Eu/Eu^*$ с полями состава пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей различных категорий современных рек подавляющее количество фигуративных точек проб серых илов, отобранных от дельты Волги до Рыбинского водохранилища (рис. 2а) расположено в области перекрытия полей пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей рек категорий 1 и 2 (см. рис. 2б). В этой же области находится точка речной взвеси Волги ($La - 32.1$, $Sm - 5.70$, $Eu - 1.29$, $Gd - 4.96$, $Yb - 2.29$ мкг/г), положение которой показано по данным [Савенко и др., 2004; Савенко, 2006]. Напротив, точка пелитовой фракции (<2 мкм) донных осадков эстуария (именно так в оригинале) Волги, состав которой приведен в публикации [Bayon et al., 2015] ($La - 35.9$, $Sm - 6.08$, $Eu - 1.35$, $Gd - 5.33$, $Yb - 2.71$ мкг/г), расположена вне указанной области. Обладая достаточно низкой величиной Eu/Eu^* , она локализована у нижней границы поля пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей рек категории 2 (реки, с площадью водосборов <100000 км², питающиеся продуктами размыва преимущественно осадочных образований). Напомним, что перекрытие двух указанных полей на диаграмме $(La/Yb)_N - Eu/Eu^*$ составляет ~80%. Вне обоих полей на данном графике расположены только две точки состава серых илов Волги, отобранных на станциях 14 (ниже г. Кострома) и 16 (ниже пос. Плес). Обладая значениями Eu аномалии 0.89 и 0.87, эти точки локализованы в поле пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей современных рек категории 4 (реки, питающиеся продуктами размыва вулканических областей). Возможно, это предполагает участие в составе указанных проб такого материала или является артефактом. Если исключить их из рассмотрения характера вариаций состава проб серых илов, отобранных от нижнего течения реки до Верхней Волги, то окажется, что каких-либо существенных изменений геохимических характеристик указанного типа осадков на протяжении нескольких тысяч километров не наблюдается. Среднее значение $(La/Yb)_N$ (n, число проанализированных проб, равно 17) для серых илов Волги составляет 8.17 ± 0.56 (в генеральной пробе глин Русской платформы, RPSC [Мигдисов и др., 1994], $(La/Yb)_N = 9.28$), а значение Eu/Eu^* среднее

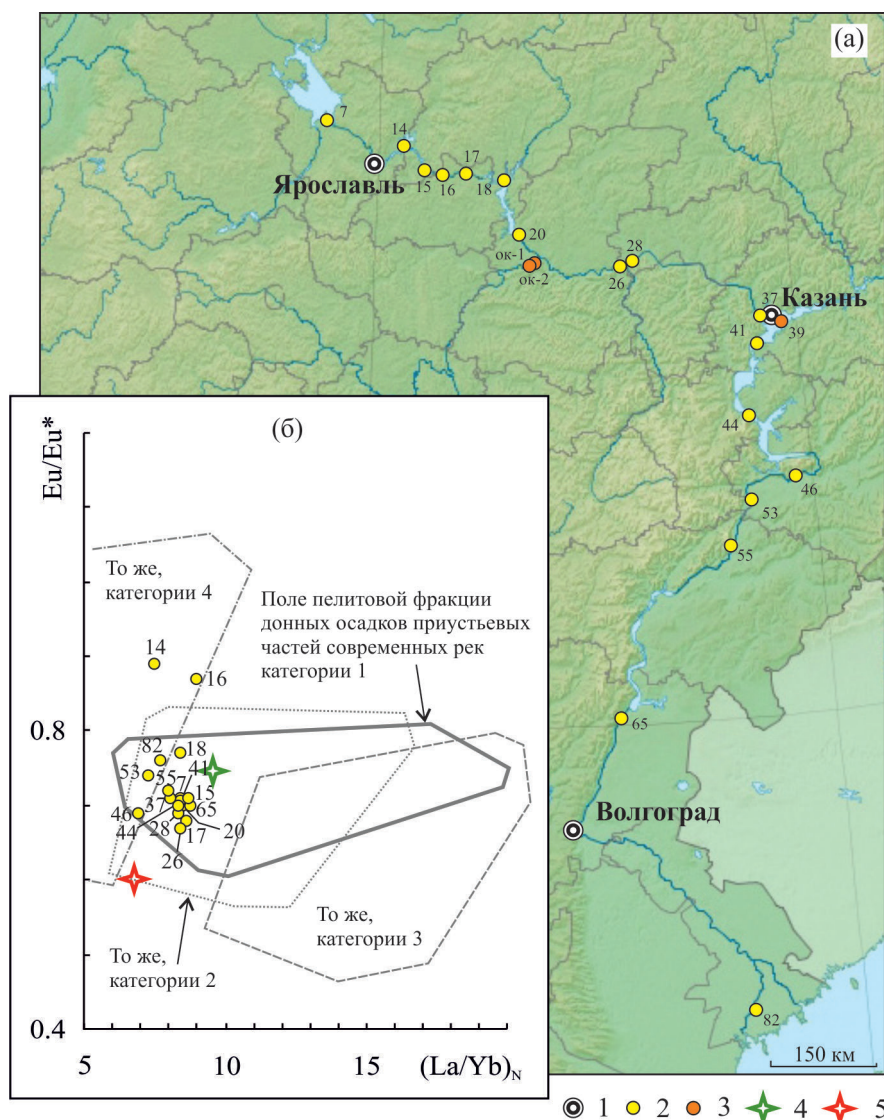


Рис. 2. Положение станций отбора проб серых илов Волги (а) и локализация их фигуративных точек на диаграмме $(La/Yb)_N$ – Eu/Eu^* (б). Географическая основа по https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b8/European_Russia_laea_location_map_%28Crimea_disputed%29.jpg.

Расположение станций отбора проб, по [Маслов и др., 2022]: 7 – пос. Каменники (Рыбинское водохранилище); 14 – ниже г. Кострома; 15 – г. Волгореченск; 16 – ниже пос. Плес; 17 – ниже г. Кинешма; 18 – г. Юрьевец; 20 – ниже г. Чкаловск (все – Горьковское водохранилище); ок-1 и ок-2 – пробы из приустьевой части Оки; 26 – Сура; 28 – Ветлуга (все – Чебоксарское водохранилище); 37 – г. Казань; 39 – Кама против д. Атабаево; 41 – против с. Кременки; 44 – против устья Бол. Черемшана; 46 – против устья Усы (все – Куйбышевское водохранилище); 53 – разлив у пос. Приволжье; 55 – устье Мал. Иргиза (все – Саратовское водохранилище); 65 – г. Камышин (Волгоградское водохранилище); 82 – ниже г. Астрахани (незарегулированная Волга).

1 – населенные пункты; 2 – станции отбора (на карте) и фигуративные точки (на графике) проб серых илов собственно Волги; 3 – то же, проб серых илов притоков Волги; 4 – средний состав взвеси Волги, по [Савенко, 2006]; 5 – состав пелитовой фракции донных осадков эстуария Волги, по [Bayon et al., 2015].

равно 0.73 ± 0.06 ($RPSC = 0.70$). Величина отношения $(La/Yb)_{N_{\text{максимум}}}/(La/Yb)_{N_{\text{минимум}}}$ (пробы, отобранные соответственно на станциях 65 и 46) для всей выборки составляет 1.27, а значение $Eu/Eu^*_{\text{минимум}}/Eu/Eu^*_{\text{максимум}}$ (пробы, отобранные на станциях 18 и 26) равно 1.15. Это показывает,

что геохимические характеристики серых илов Волги от дельты до окрестностей г. Ярославля отражают аналогичные характеристики доминирующих на ее водосборе осадочных пород фанерозоя, несмотря, а, может быть, и благодаря существенной зарегулированности реки.

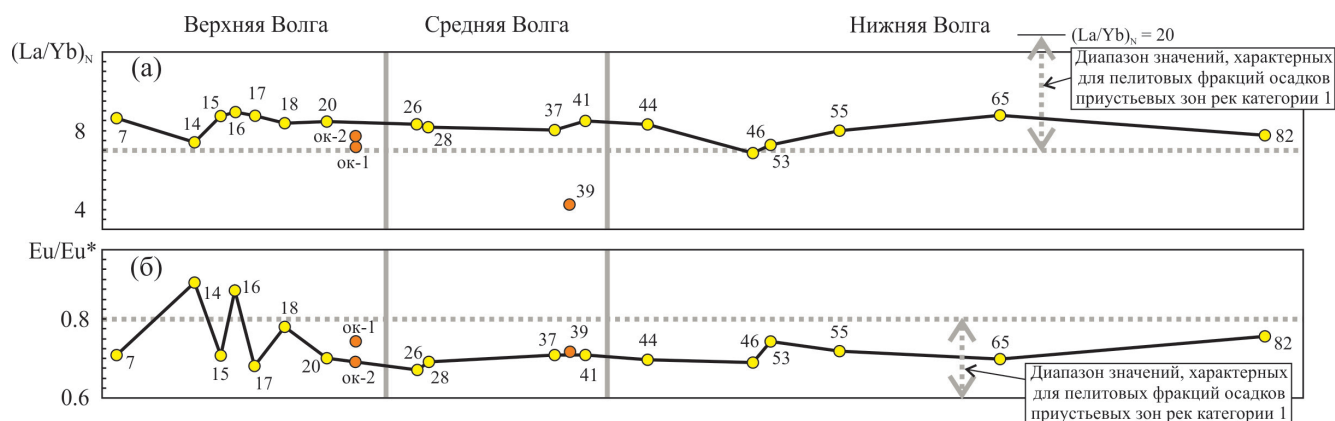


Рис. 3. Вариации величин $(La/Yb)_N$ (а) и Eu/Eu^* (б) в серых илах Волги от ее дельты до Рыбинского водохранилища. Условные обозначения см. рис. 2. Масштаб вертикальных осей рис. 3, 5 и 7 одинаков. Положение станций отбора проб на горизонтальных осях примерно соответствует таковому на рис. 2, 4 и 6.

Вверх по течению Волги значения $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* в серых илах от устья и примерно до окрестностей г. Чкаловска, т.е. на протяжении всей Нижней и Средней Волги, остаются достаточно сопоставимыми (рис. 3). Серые илы нижнего течения крупных притоков Волги — Оки и Камы — отличаются от волжских серых илов несколько или существенно пониженными величинами $(La/Yb)_N$, но это не оказывает заметного влияния на распределение РЗЭ в пробах, отобранных ниже мест их впадения. Значения Eu/Eu^* в серых илах притоков и Волги либо сопоставимы, либо несколько ниже (проба ок-2). Вариации параметра $(La/Yb)_N$ в серых илах Верхней Волги принципиально не отличаются от тех, что мы видим ниже по течению. Напротив, значения Eu/Eu^* испытывают здесь существенные колебания.

Все вместе это показывает, что величины $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* в серых илах Волги соответствуют их значениям в пелитовых фракциях донных осадков приустьевых частей рек категории 1, по крайней мере, от дельты до района г. Юрьевец, т.е. на протяжении ~64% от общей длины этой водной артерии. Зарегулированность стока Волги какого-либо влияния на величины указанных параметров нормированных на хондрит спектров РЗЭ в серых илах не оказывает. Таким образом, можно предположить, что наиболее важными факторами контроля распределения лантаноидов выступают не только громадная площадь водосборного бассейна, но и доминирование на его территории осадочных пород.

Лена и ее притоки

Аналитические данные для различных фракций донных осадков приустьевой части Лены в публикации [Bayon et al., 2015] отсутствуют, но, очевидно, что, исходя из площади водосборного бассейна ($2.49 \cdot 10^6$ км²), Лена, также как и Волга, принадлежит к категории крупных рек (реки категории 1). На диаграмме $(La/Yb)_N$ — Eu/Eu^* практически все фигуративные точки взвеси среднего и нижнего течения Лены расположены в области перекрытия полей пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей современных рек категорий 1 и 2 (рис. 4а, б). Только точка взвеси, отобранной на ст. 14 (несколько выше с. Кюсюр), локализована в поле пелитовой фракции донных осадков современных рек категории 2 (реки, питающиеся продуктами размыва в основном осадочных образований), а точка взвеси со ст. 2 (несколько выше устья Алдана) — на границе полей 1, 2 и 3. В указанной области перекрытия находится и точка речной взвеси Лены (La — 44.00, Sm — 6.60, Eu — 1.60, Gd — 6.40, Yb — 2.40 мкг/г), показанная по данным [Rachold, 1999; Савенко, 2006]. Каких-либо заметных изменений характеристик нормированных на хондрит спектров распределения РЗЭ во взвеси Лены, отобранных в экспедиции 1994 г. в ее среднем и нижнем течении, на протяжении порядка 1600 км вверх от дельты не наблюдается. Среднее значение $(La/Yb)_N$ ($n = 14$) для взвеси Лены равно 11.74 ± 1.19 (в среднем постархейском австралийском глинистом сланце, PAAS [Taylor, McLennan, 1985], этот параметр составляет 9.15), а значение Eu/Eu^* среднее — 0.72 ± 0.04 (в PAAS — 0.65), что почти в точности равно

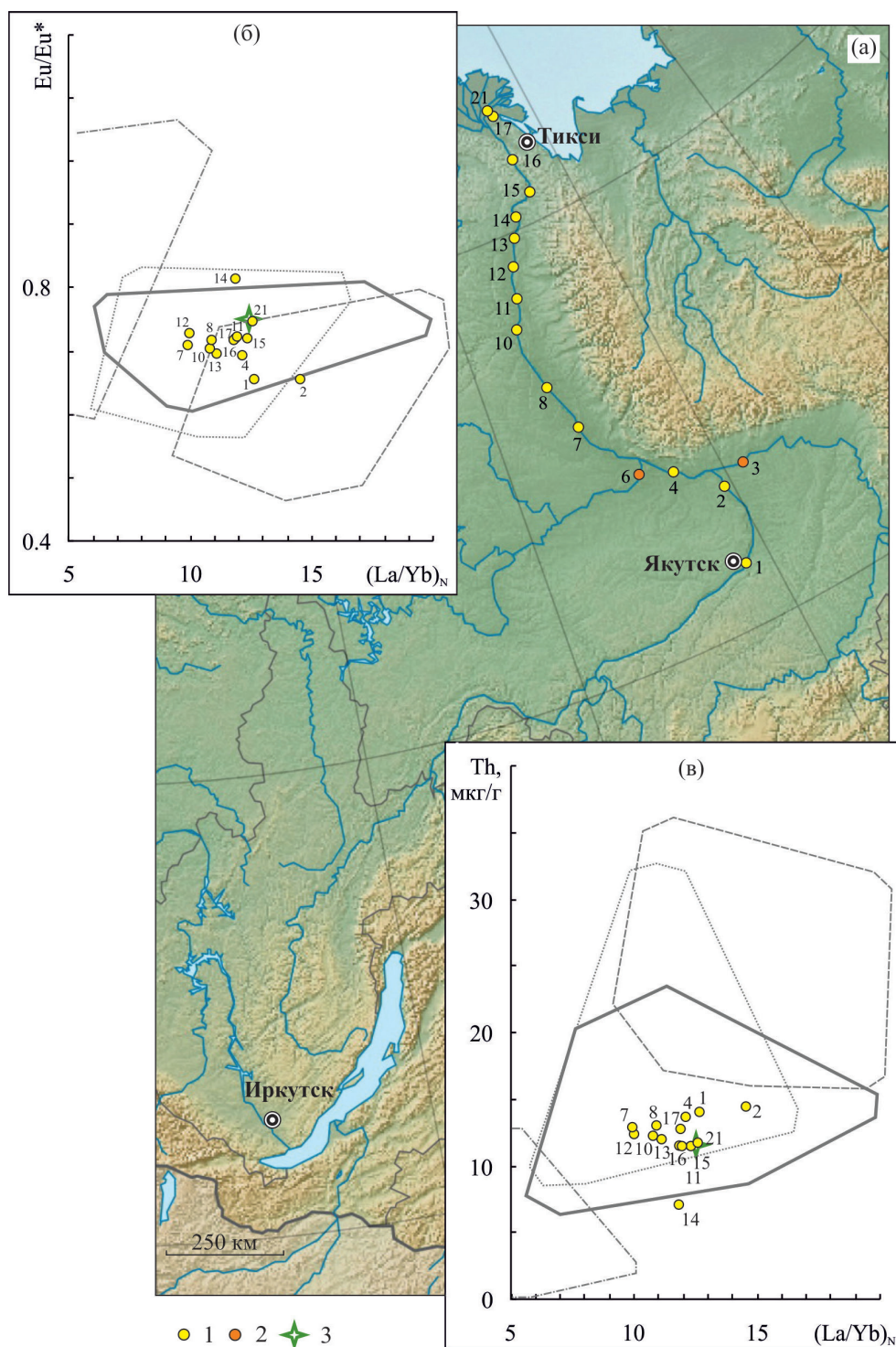


Рис. 4. Положение станций отбора проб взвеси Лены и ее притоков (а) и локализация их точек состава на диаграммах $(La/Yb)_N$ – Eu/Eu^* (б) и $(La/Yb)_N$ –Th (в). Географическая основа по https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D0%B0#/media/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Relief_Map_of_Siberian_Federal_District.jpg.

Места отбора проб, по [Rachold et al., 1996]: 1 – район г. Якутска; 2 – выше устья Алдана; 3 – приустьевая часть Алдана; 4 – несколько выше пгт Сангар; 6 – приустьевая часть Вилюя; 7, 8 – между устьем Вилюя и с. Жиганск; 10, 11, 12, 13 и 14 – между с. Жиганск и с. Кюсюр; 15 и 16 – между с. Кюсюр и дельтой Лены; 17 – Быковская протока; 21 – Трофимовская протока.

1 – станции отбора (на карте) и фигуративные точки (на графике) проб взвеси собственно Лены; 2 – то же, проб взвеси притоков Лены; 3 – средний состав взвеси Лены, по [Савенко, 2006]. Остальные условные обозначения см. рис. 2.

величине данного параметра в серых илах Волги. Величина $(La/Yb)_{\text{максимум}}/(La/Yb)_{\text{минимум}}$ (пробы, отобранные на станциях 2 и 7) для указанной выборки составляет 1.47, а значение отношения $Eu/Eu^*_{\text{минимум}}/Eu/Eu^*_{\text{максимум}}$ (пробы, отобранные соответственно на станциях 14 и 1) равно 1.23. Это предполагает, что характеристики РЗЭ взвеси Лены от ее дельты и до г. Якутска остаются примерно постоянными и близки к аналогичным характеристикам преобладающих на ее водосборе в среднем и нижнем течении осадочных пород. Отсутствие, в отличие от Волги, здесь искусственных водоемов/ловушек осадочного материала, никак на этом не сказывается.

Не оказывает существенного влияния на параметры нормированных на хондрит спектров распределения РЗЭ (особенно на величину Eu/Eu^*) во взвеси Лены и несколько иной, обусловленный присутствием в верховьях Вилюя траппов основного состава, спектр РЗЭ во взвеси этого крупного ее притока. Рассчитанные для взвеси Вилюя (проба L3), по данным публикации [Rachold, 1999], значения $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* составляют 10.14 и 0.94. По данным, приведенным в работе [Rachold et al., 1996], для взвеси ст. 6 ($La - 29.40$, $Sm - 4.83$, $Eu - 1.26$, $Gd - 4.32$, $Yb - 1.92$ мкг/г), расположенной в приустьевой части Вилюя, величины $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* равны 10.35 и 0.84. Взвесь, отобранная на ст. 4 (Лена выше устья Вилюя, но ниже устья Алдана), характеризуется величинами этих параметров соответственно 12.11 и 0.69, взвесь на ст. 2 (Лена выше устья Алдана) — 14.56 и 0.66, а взвесь, отобранная на станциях 7, 8 и 10 (Лена ниже устья Вилюя) — 9.92 и 0.71, 10.91 и 0.72, 10.80 и 0.71. В пробе взвеси, отобранной в приустьевой части Алдана на ст. 3, содержание $La - 35.00$, $Sm - 5.92$, $Eu - 1.24$, $Gd - 5.44$ и $Yb - 2.32$ мкг/г [Rachold et al., 1996]. Рассчитанные нами для нее значения $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* составляют 10.19 и 0.67. В более поздней публикации [Rachold, 1999] средний состав взвеси Алдана (проба L2, см. табл. 1) несколько иной, соответственно значения $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* для нее составляют 11.15 и 0.83.

На диаграмме $(La/Yb)_N - Th$ все точки состава взвеси среднего и нижнего течения Лены, за исключением пробы, отобранной на ст. 14, сосредоточены в области перекрытия полей пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей современных рек категорий 1 и 2 (см. рис. 4в). Здесь же расположена и точка речной взвеси Лены (содержание $Th - 11.70$ мкг/г), показанная по данным [Rachold, 1999; Савенко, 2006]. Среднее содержание Th в анализируемой

нами выборке проб взвеси ($n = 14$) составляет 12.19 ± 1.73 мкг/г (в PAAS содержание $Th - 14.6$ мкг/г [Taylor, McLennan, 1985]). Величина $Th_{\text{максимум}}/Th_{\text{минимум}}$ (пробы, отобранные соответственно на станциях 2 и 14) равна 2.05. Если же исключить из расчета данные для взвеси ст. 14, то это отношение уменьшится до 1.25. Таким образом, и содержание Th в ленской взвеси достаточно постоянное как в низах среднего, так и в нижнем течении. Следовательно, геохимические характеристики взвеси в дельте Лены не претерпевают, как и можно было предполагать, исходя из гомогенизации/усреднения состава аккумуляруемого рекой с громадного водосбора материала, каких-либо заметных вариаций, как минимум, от дельты до среднего и низов верхнего течения. Важную роль в этом играет и преобладание здесь, как и в случае Волги, в составе размывающихся образований осадочных пород.

В публикации [Rachold, 1999] проанализирована эволюция свойственных взвеси Лены значений U/Al и Th/Al от дельты до впадения в нее Чары (рис. 5а). Выбор указанных элементов обусловлен тем, что они чувствительны к разным геологическим процессам [Condie et al., 1995]. Уран в достаточной степени подвижен при выветривании и характеризуется в речной воде заметными концентрациями, торий — один из наименее подвижных элементов при выветривании. Для взвеси Верхней Лены и Чары характерны самые высокие значения U/Al и Th/Al , что отражает вклад продуктов эрозии комплексов пород Байкальской складчатой области и Монголо-Охотского пояса. Ниже устья Алдана, питающегося продуктами выветривания в т.ч. и архейско-нижепротерозойских комплексов Алданского щита, во взвеси Лены наблюдается снижение U/Al , тогда как Th/Al не меняется. Ниже устья Вилюя происходит ощутимое снижение и U/Al , и Th/Al . Все сказанное позволяет сделать вывод, что описанные вариации состава взвеси обусловлены, главным образом, различным составом аккумуляруемых притоками Лены продуктов эрозии водосборов [Rachold, 1999].

Вариации величины $(La/Yb)_N$ во взвеси Лены в заметной степени повторяют те, что характерны для отношений U/Al и Th/Al (см. рис. 5б). Для Верхней Лены это достаточно высокие, хотя и варьирующие (12.63–17.23), значения. После впадения Алдана, взвесь которого характеризуется величинами $(La/Yb)_N$ 10.19–11.15, рассматриваемый параметр начинает снижаться, достигая 9.92 после впадения Вилюя (во взвеси последнего $(La/Yb)_N = 10.14 - 10.35$). Аналогичную ситуацию

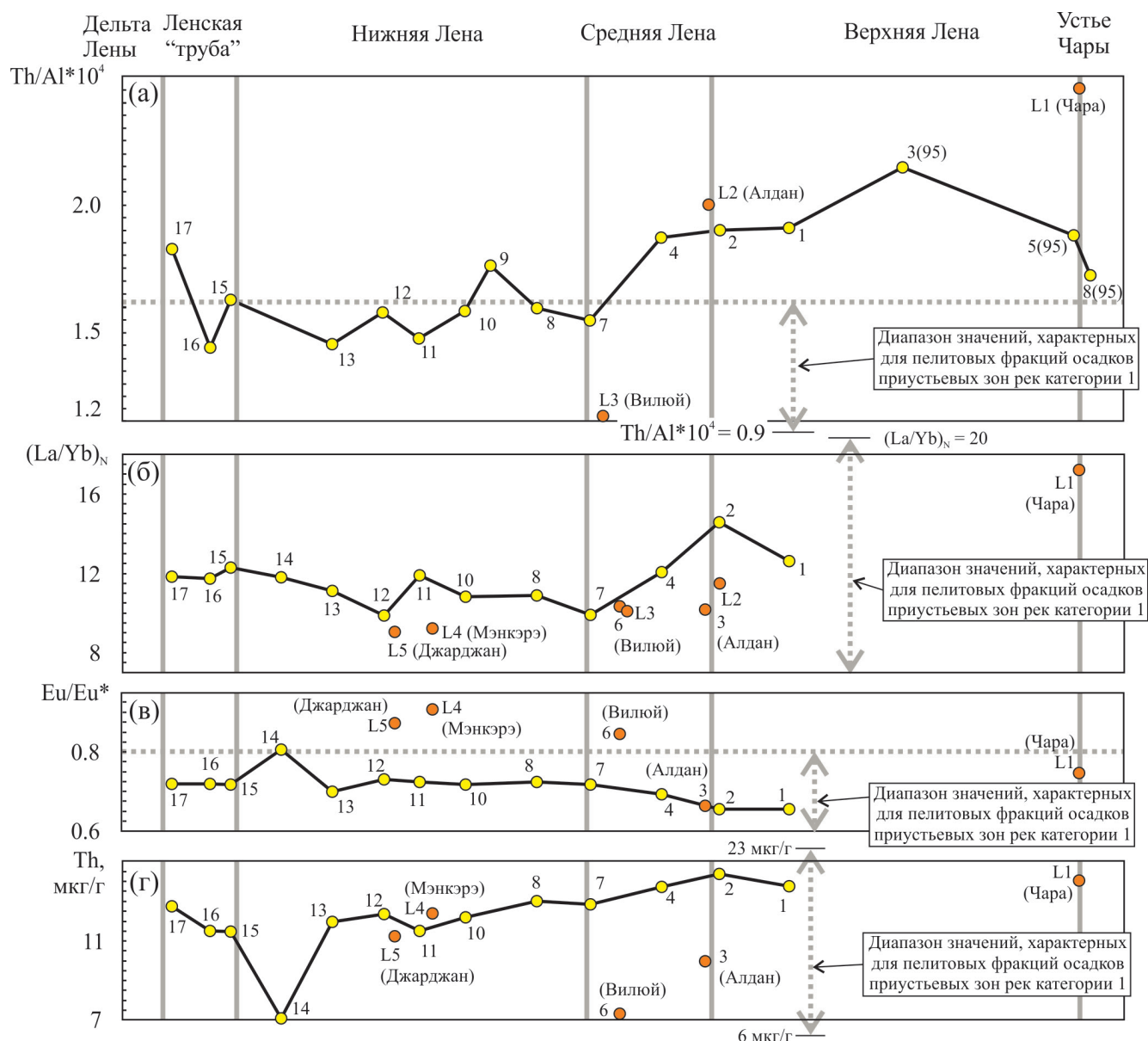


Рис. 5. Вариации индикаторных геохимических параметров во взвеси р. Лены и ряда ее притоков от дельты до бассейна р. Чары.

а – $Th/Al \cdot 10^4$ по [Rachold, 1999], с изменениями; б – $(La/Yb)_N$; в – Eu/Eu^* ; г – содержание Th. Данные для станций L1, L2, L3, L4 – по [Rachold, 1999].

Пределы значений $Th/Al \cdot 10^4$ для пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей рек категории 1 рассчитаны по данным из работы [Bayon et al., 2015].

Условные обозначения см. рис. 4.

мы видим и ниже впадения в Лену правых притоков (Мэнкэрэ и Джарджан), но распространяется здесь влияние взвеси с относительно низкими (9.01–9.17) значениями $(La/Yb)_N$ на не слишком большое расстояние. Уже во взвеси со ст. 13 величина $(La/Yb)_N$ примерно такая же, как и во взвеси, отобранной выше впадения названных притоков на ст. 10 (соответственно 11.10 и 10.80). В целом же от дельты Лены до Чары величина

рассматриваемого параметра отвечает его значениям, свойственным пелитовым фракциям донных осадков приустьевых частей крупных рек/рек категории 1.

Величина Eu аномалии во взвеси Лены практически на всем расстоянии от дельты до бассейна Чары имеет значения, характерные для пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей

современных рек категории 1 (см. рис. 5в). Взвешенный материал Вилюя, Мэнкэрэ, Джарджан, как и, по-видимому, других притоков, имеющий более низкие, чем взвесь Лены, значения Eu/Eu^* , существенного влияния на изменение данного параметра, как мы можем видеть, не оказывает, хотя в случае с взвесью ст. 14 это и не совсем так.

Содержание Th в ленской взвеси и взвеси ее притоков хотя и заметно варьирует, но в принципе, как мы уже видели выше (см. рис. 4), не выходит за диапазон величин, характерных для пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей современных крупных рек (см. рис. 5г). Некоторое исключение и здесь — взвесь, отобранная на ст. 14. Исходя из свойственных ей довольно низкого значения Eu/Eu^* и низкого содержания Th, можно предполагать, что в ее составе присутствует определенная доля продуктов размыва магматических пород основного состава. Однако величина $(La/Yb)_N$ для данной пробы такая же, как и в пробах, не обладающих спецификой по значениям Eu/Eu^* и содержанию Th.

Следовательно, от дельты Лены и до, как минимум, бассейна Чары, т.е. на протяжении почти 2400 км (это ~55% от общей длины реки), параметры $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* , а также содержание Th в ленской взвеси остаются в рамках значений, свойственных пелитовым фракциям донных осадков приустьевых частей современных рек категории 1. Наиболее важными факторами этого, несомненно, являются громадная площадь водосбора и преобладание в его пределах, по крайней мере, в среднем и нижнем течении, осадочных образований. В верхнем течении Лены, где роль осадочных пород на водосборах заметно меньше, ситуация может быть иной, но, как показывает пример Чары, по всей видимости, и это не является критичным.

Янцзы и ее притоки

Средняя величина $(La/Yb)_N$ для всей выборки алевритово-пелитовой фракции ($n = 20$) донных осадков Янцзы (рис. 6а), рассчитанная нами по данным работы [He et al., 2014], равна 8.81 ± 1.20 , а среднее значение Eu/Eu^* по тем же данным составляет 0.68 ± 0.06 , что достаточно сопоставимо с указанными параметрами нормированных на хондрит спектров распределения РЗЭ в серых илах Волги. В то же время 5 из 20 фигуративных точек алевритово-пелитовой фракции донных отложений Янцзы расположены вне поля пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей современных рек категории 1, хотя 4 из них все же находятся в поле таких

фракций рек, дренирующих преимущественно осадочные образования/реки категории 2 (см. рис. 6б). Средние точки состава взвеси Янцзы, по данным публикаций [Gaillardet et al., 1999; Савенко, 2006], а также пелитовой фракции донных осадков приустьевой части реки [Bayon et al., 2015] находятся на диаграмме $(La/Yb)_N - Eu/Eu^*$ в области перекрытия таковых полей рек категорий 1 и 2. Величина $(La/Yb)_{N_{\text{максимум}}}/(La/Yb)_{N_{\text{минимум}}}$ (пробы, отобранные соответственно на станциях 13 и 12, т.е. практически рядом!) для рассматриваемой выборки составляет 1.70, а значение $Eu/Eu^*_{\text{минимум}}/Eu/Eu^*_{\text{максимум}}$ (пробы, отобранные на станциях 7 и 19) равно 1.47. Таким образом, разброс значений и $(La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* в алевритово-пелитовой фракции донных отложений Янцзы несколько выше, чем в серых илах Волги, а также взвеси Лены.

При относительной сопоставимости (за исключением, быть может, участка между станциями 12 и 13) параметра $(La/Yb)_N$ в алевритово-пелитовой фракции, величина отрицательной Eu аномалии вверх от устья Янцзы вначале растет (т.е. ее абсолютная величина снижается), потом на весьма протяженном отрезке заметно варьирует, затем достигает минимума (ст. 7), после чего вновь испытывает колебания. В итоге проба, отобранная в верховьях Янцзы (ст. 1), обладает примерно таким же значением Eu/Eu^* (0.67), как и пробы станций 12, 17 и 18 (0.66, 0.68 и 0.68), располагавшихся в среднем и нижнем течении.

На графике $(La/Yb)_N - Th$ фигуративные точки алевритово-пелитовой фракции донных отложений Янцзы со станций 8, 10 и 19 находятся вне области перекрытия полей пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей современных рек категорий 1 и 2 (см. рис. 6в). При этом точки состава указанной фракции со ст. 8 и 19 расположены и вне поля пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей рек категории 2.

От устья Янцзы (ст. 20) и до ее верховьев (ст. 1) величина $(La/Yb)_N$ в алевритово-пелитовой фракции ее донных осадков остается в пределах значений, характерных для пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей рек категории 1 (рис. 7а). Большинство притоков Янцзы обладают либо довольно близкими величинами данного параметра, либо транспортируемый ими материал не оказывает какого-либо заметного влияния на донные отложения Янцзы (см. ситуацию с пробами, отобранными на станциях 4, 4а, 5 и 6) в силу существенно большего их объема.

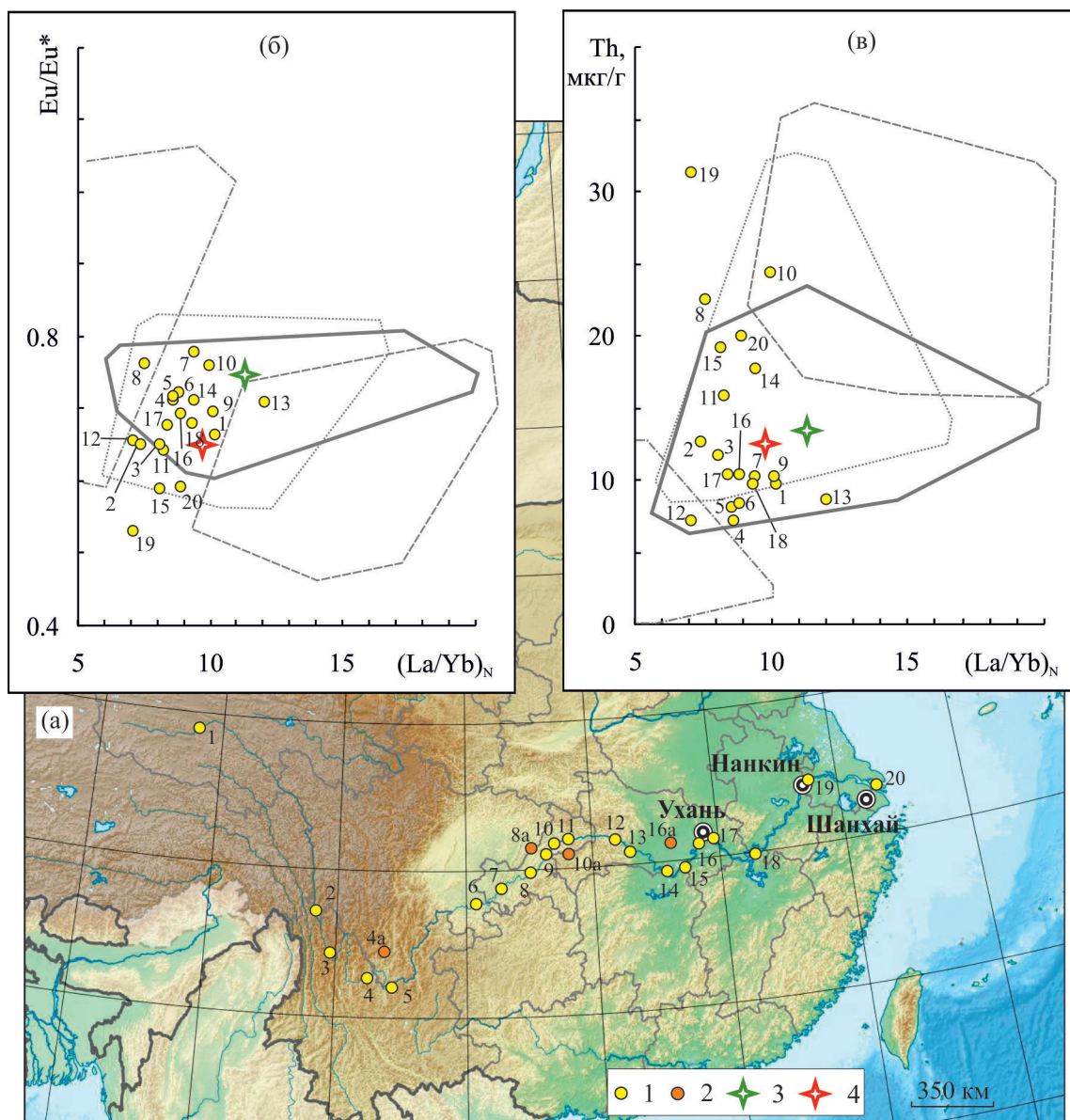


Рис. 6. Положение станций отбора проб алевритово-пелитовой фракции взвеси Янцзы и ее притоков (а) и локализация их точек на диаграммах $(La/Yb)_N$ – Eu/Eu^* (б) и $(La/Yb)_N$ – Th (в). Географическая основа по <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9638893>.

Места отбора проб донных осадков, по [He et al., 2015]: 1 – Туотуохе; 2 – Цзиньшацзян; 3 – Сигу; 4 – Паньчжихуа 1; 4а – нижнее течение Ялунцзян; 5 – Паньчжихуа 2; 6 – Ибинь 1; 7 – Ибинь 2; 8 – Чунцин 1; 8а – нижнее течение Цзялинцзян; 9 – Чунцин 2; 10 – Фулин 1; 10а – нижнее течение Уцзян; 11 – Фулин 2; 12 – Бадонг; 13 – Ичан; 14 – Юэян 1; 15 – Юэян 2; 16 – Ухань 1; 16а – нижнее течение Ханганг; 17 – Ухань 2; 18 – Хукоу; 19 – Нанкин; 20 – остров Чансин. 1 – станции отбора (на карте) и фигуративные точки (на графике) проб алевритово-пелитовой фракции взвеси собственно Янцзы; 2 – то же, проб алевритово-пелитовой фракции взвеси притоков Янцзы; 3 – средний состав взвеси Янцзы, по [Савенко, 2006]; 4 – состав пелитовой фракции донных осадков приустьевой части Янцзы, по [Bayon et al., 2015].

Остальные условные обозначения см. рис. 2.

Значения Eu/Eu^* в алевритово-пелитовой фракции донных отложений Янцзы от ст. 1 до ст. 7 понемногу растут, а от ст. 8 и до устья – снижаются (см. рис. 7б), но в целом, за исключением ст. 19, остаются в интервале величин

рассматриваемого параметра, характерных для пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей современных рек категории 1. Алевритово-пелитовая фракция донных отложений притоков Янцзы с несколько иными величинами Eu/Eu^*

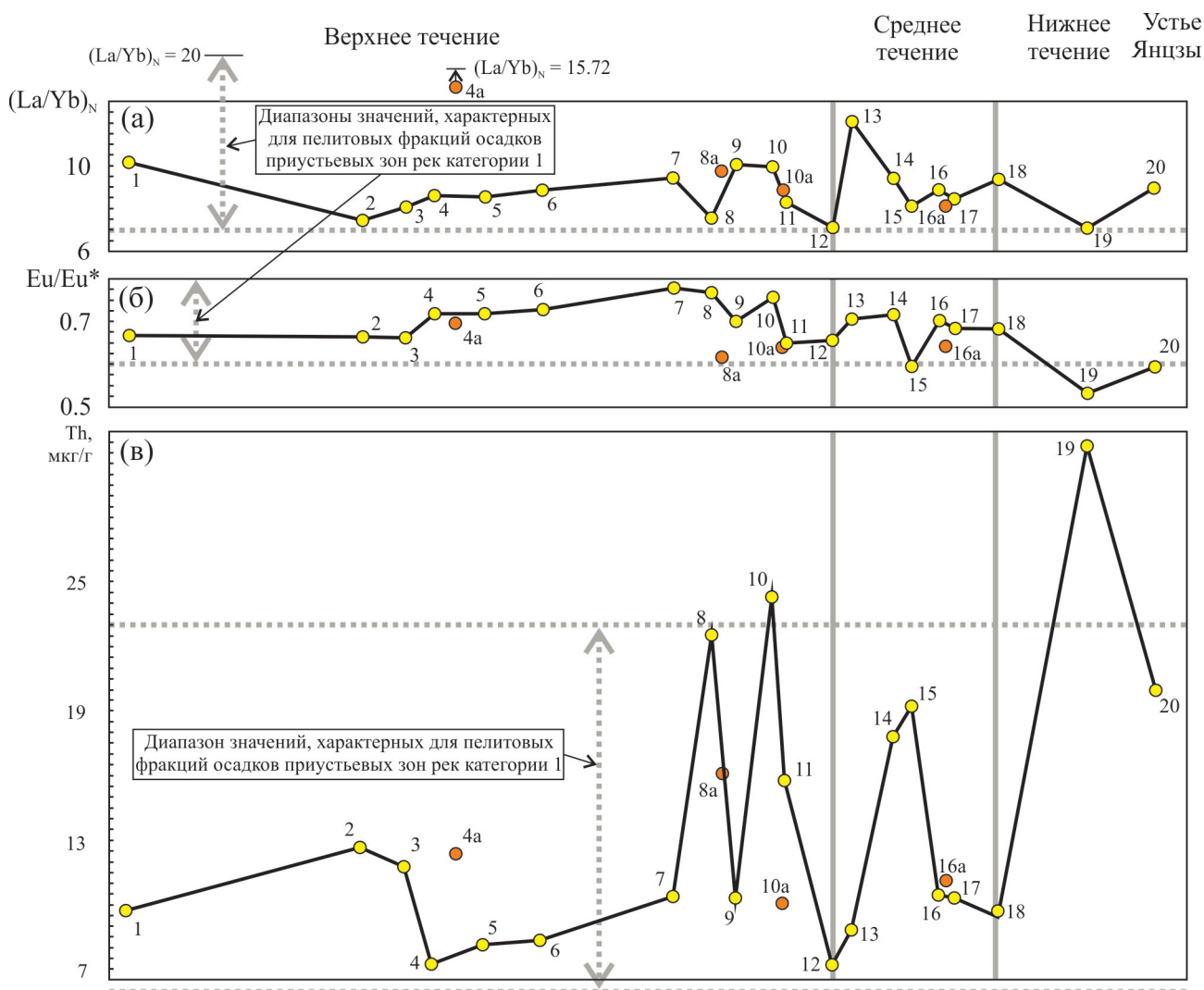


Рис. 7. Вариации значений $(La/Yb)_N$ (а), Eu/Eu^* (б) и содержания Th (в) в алевритово-пелитовой фракции донных осадков Янцзы от ее устья до истоков. Условные обозначения см. рис. 6.

практически не влияет на значения Eu аномалии в такой же фракции основного потока.

Содержание Th в алевритово-пелитовой фракции донных осадков Янцзы нижнего, среднего и части верхнего течения в заметной степени варьирует (см. рис. 7в). Величина $Th_{\text{максимум}}/Th_{\text{минимум}}$ для совокупности проб со станций 7–20 равна 4.3, тогда как для проб со станций 1–6 она снижается до 1.8. В целом же, за исключением станций 10 и 19, содержание Th в алевритово-пелитовой фракции донных отложений Янцзы отвечает значениям, характерным для пелитовой фракции донных осадков приустьевых зон современных рек категории 1.

Зарегулированность Янцзы в среднем течении не оказывает, как следует из приведенных

выше данных, какого-либо заметного влияния на вариации рассматриваемых параметров спектров распределения РЗЭ в алевритово-пелитовой фракции ее донных отложений. Представляется, что более значительной может быть роль локальных вариаций состава пород водосбора, но анализ рис. 6 позволяет думать, что и это не совсем или совсем не так. Таким образом, сходство геохимических характеристик алевритово-пелитовой фракции донных осадков Янцзы и пелитовой фракции донных осадков приустьевых частей современных рек категории 1 сохраняется практически на протяжении всего течения этой водной артерии, несмотря на то, что притоки Янцзы питаются продуктами эрозии довольно различающихся по своему

составу геологических провинций [He et al., 2013 и ссылки там].

ВЫВОДЫ

Приведенные выше данные и их обсуждение показывают, что геохимические характеристики (величины нормированных на хондрит параметров спектров распределения $P3Э - (La/Yb)_N$ и Eu/Eu^* , а также содержание Th), установленные авторами публикации [Bayon et al., 2015], для пелитовых (<2 мкм) фракций специальным образом подготовленных донных осадков приустьевых частей таких современных крупных рек, как Волга и Янцзы, в существенной степени сохраняются как в их мелкоалевритовых и алевритово-глинистых серых илах, так и в алевритово-пелитовой (<63 мкм) фракции донных отложений.

Сказанное справедливо и для Лены. Здесь значения $(La/Yb)_N$ во взвеси Лены от дельты до впадения Чары отвечают величинам, свойственным пелитовым фракциям донных осадков приустьевых частей рек категории 1. Параметр Eu/Eu^* практически на всем указанном расстоянии также имеет значения, характерные для пелитовых фракций донных осадков приустьевых частей крупных рек. Содержание Th в ленской взвеси, хотя и варьирует, но в целом не выходит за диапазон величин, характерных для фракции <2 мкм донных осадков приустьевых частей современных крупных рек.

Таким образом, от дельты/устья названных рек рассматриваемые характеристики прослеживаются вверх по течению без заметных изменений иногда почти до верховьев. Сказанное обусловлено как громадной площадью водосборов Волги, Лены и Янцзы, так и преобладанием в составе их осадочных пород.

Зарегулированность рассмотренных нами рек принципиально не сказывается на описанном выше поведении геохимических характеристик донных осадков и взвеси. Имеет ли этот вывод общий для всех крупных рек характер, судить на имеющемся материале трудно, хотя, принимая во внимания результаты исследований Э. Гарзанти с соавторами [Garzanti et al., 2019, 2022], можно думать, что здесь, все же, возможны разные варианты.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны экипажу НИС “Академик Топчиев” и В.В. Законнову за помощь в отборе проб, а также Н.С. Глушковой за оформление графических материалов статьи.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Отбор проб и их предварительная обработка выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 14-27-00114), интерпретация результатов проведена в рамках госзадания ИО РАН (тема FMWE-2024-0020) и ГИН РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н.И. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования. М.: ГЕОС, 2007. 585 с.
- Безруков П.Л., Лисицын А.П. Классификация осадков современных морских водоемов // Геологические исследования в дальневосточных морях / Отв. ред. П.Л. Безруков. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 3–14.
- Буторин Н.В., Зиминова Н.А., Курдин В.П. Донные отложения верхневолжских водохранилищ. Л.: Наука, 1975. 157 с.
- Волга — главная улица России. Проект Русского географического общества. М.: РГО-МГО, ИГ РАН, 2012. 125 с.
- Геологическая карта СССР. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист М-(38), (39) — Уральск. Объяснительная записка. Л.: МинГео СССР, ВСЕГЕИ, ПГО “Аэрогеология”, 1988. 128 с.
- Геология СССР. Т. 11. Поволжье и Прикамье. Ч. 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1967. 872 с.
- Гордеев В.В. Геохимия системы река—море. М.: ИП Матушкина И.И., 2012. 452 с.
- Гордеев В.В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М.: Наука, 1983. 160 с.
- Гордеев В.В., Лисицын А.П. Средний химический состав взвесей рек Мира и питание океанов речным осадочным материалом // Докл. АН СССР. 1978. Т. 238. № 1. С. 225–228.
- Гордеев В.В., Лисицын А.П. Геохимическое взаимодействие пресноводной и морской гидросфер // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 5–6. С. 721–744.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист О-(38), (39) — Киров. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. 331 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (третье поколение). Лист О-37 (Ярославль). Объяснительная записка. СПб.: МПР РФ, ФГУП “ВСЕГЕИ”, 2015. 356 с.
- Ефимов В.А. Пространственно-временная изменчивость химического состава наносов рек российской

- Арктики / Дисс. ... канд. географ. наук. М.: МГУ, 2023. 131 с.
- Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. Астрахань: Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2017. 408 с.
- Законнов В.В. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада / Автореф. дисс. ... доктора географ. наук. М.: ИБВВ РАН, 2007. 40 с.
- Законнов В.В. Илонакопление в системе водохранилищ волжского каскада // Труды ИБВВ РАН. 2016. Вып. 75(78). С. 30–40.
- Законнов В.В., Иванов Д.В., Законнова А.В. и др. Пространственная и временная трансформация донных отложений водохранилищ средней Волги // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 5. С. 573–581.
- Законнов В.В., Поддубный С.А., Законнова А.В., Касьянова В.В. Осадкообразование в зонах переменного подпора водохранилищ волжского каскада // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 4. С. 425–433.
- Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов. М.: ИП Филимонов М.В., 2013. 208 с.
- Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. М.: Наука, 1974. 438 с.
- Лисицын А.П. Процессы терригенной седиментации в морях и океанах. М.: Наука, 1991. 270 с.
- Лисицын А.П. Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли // Мировой океан. Т. 2. М.: Научный мир, 2014. С. 331–571.
- Магрицкий Д.В. Годовой сток взвешенных наносов российских рек водосбора Северного Ледовитого океана и его антропогенные изменения // Вестник МГУ. Серия 5. География. 2010. № 6. С. 17–24.
- Маслов А.В. Бассейн Белт (Скальные горы): состав осадочных комплексов и некоторые особенности его заполнения // Литология и полез. ископаемые. 2022. № 4. С. 362–385.
- Маслов А.В. Диаграммы с полями состава тонкой взвеси разных категорий современных рек: еще один подход к верификации // Геологический вестник. 2024. № 1. С. 3–12.
- Маслов А.В. К реконструкции категорий рек, сформировавших выполнение осадочных бассейнов рифей в области сочленения Восточно-Европейской платформы и современного Южного Урала // Известия вузов. Геология и разведка. 2019. № 5. С. 28–36.
- Маслов А.В. Категории водосборов — источников тонкой алюмосиликокластиков для отложений серебрянской и сыльвицкой серий венда (Средний Урал) // Литосфера. 2020а. Т. 20. № 6. С. 751–770.
- Маслов А.В. Типы рек — источников тонкой алюмосиликокластиков для отложений юры и нижнего мела запада Западно-Сибирского мегабассейна // Известия вузов. Геология и разведка. 2020б. Т. 63. № 4. С. 52–61.
- Маслов А.В., Козина Н.В., Шевченко В.П. и др. Систематика редкоземельных элементов в современных донных осадках Каспийского моря и устьевых зон рек Мира: опыт сопоставления // Докл. АН. 2017. Т. 475. № 2. С. 195–201.
- Маслов А.В., Мельничук О.Ю. Существуют ли ограничения при реконструкции категорий рек, связанные с появлением высшей растительности? // Литология и полез. ископаемые. 2023. № 1. С. 69–95.
- Маслов А.В., Немировская И.А., Шевченко В.П. Серые илы Волжского каскада водохранилищ: основные черты геохимии // Литология и полез. ископаемые. 2022. № 3. С. 211–230.
- Маслов А.В., Подковыров В.Н. Категории водосборов — источников тонкой алюмосиликокластиков для осадочных последовательностей венда северной и восточной частей Восточно-Европейской платформы // Литология и полез. ископаемые. 2021а. № 1. С. 3–27.
- Маслов А.В., Подковыров В.Н. Метаалевропелиты раннего докембрия: РЗЭ-Th-систематика как ключ к реконструкции источников слагающей их тонкой алюмосиликокластиков // Литология и полез. ископаемые. 2021б. № 3. С. 216–242.
- Маслов А.В., Подковыров В.Н. Типы рек, питавших в рифее седиментационные бассейны юго-восточной окраины Сибирской платформы: эскиз реконструкции // Тихоокеанская геология. 2021в. Т. 40. № 4. С. 99–117.
- Маслов А.В., Шевченко В.П. Систематика редких земель и Th во взвеси и донных осадках устьевых зон разных категорий/классов рек Мира и ряда крупных рек Российской Арктики // Геохимия. 2019. Т. 64. № 1. С. 59–78.
- Мигдисов А.А., Балашов Ю.А., Шарков И.В. и др. Распространенность редкоземельных элементов в главных литологических типах пород осадочного чехла Русской платформы // Геохимия. 1994. № 6. С. 790–803.
- Немировская И.А., Боев А.Г., Титова А.М., Торгунова Н.И. Исследование р. Волги в рейсе научно-исследовательского судна “Академик Топчиев” // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 2. С. 221–224.
- Объяснительная записка к комплекту геологических карт масштаба 1 : 1 000 000. Лист L-(38), (39) — Астрахань. СПб.: ВСЕГЕИ, 1996. 168 с.
- Савенко В.С. Химический состав взвешенных наносов рек мира. М.: ГЕОС, 2006. 174 с.
- Савенко В.С., Покровский О.С., Дюпре Б., Батулин Г.Н. Химический состав взвешенного вещества крупных рек России и сопредельных стран // Докл. АН. 2004. Т. 398. № 1. С. 97–101.
- Страхов Н.М. Общая схема осадкообразования в современных морях и озерах малой минерализации // Образование осадков в современных водоемах. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 275–377 с.

- Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 212 с.
- Янин Е.П. Русловые отложения равнинных рек (геохимические особенности условий формирования и состава). М.: ИМГРЭ, 2002. 139 с.
- Amiotte-Suchet P., Probst J.-L., Ludwig W. Worldwide distribution of continental rock lithology: implications for the atmospheric/soil CO₂ uptake by continental weathering and alkalinity river transport to the oceans // *Glob. Biogeochem. Cycles*. 2003. V. 17. <https://doi.org/10.1029/2002GB001891>
- Audry S., Blan G., Schäfer J. Solid state partitioning of trace metals in suspended particulate matter from a river system affected by smelting-waste drainage // *Sci. Total Environ.* 2006. V. 363. P. 216–36.
- Bayon G., Toucanne S., Skonieczny C. et al. Rare earth elements and neodymium isotopes in world river sediments revisited // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2015. V. 170. P. 17–38.
- Borrelli P., Robinson D.A., Fleischer L.R. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion // *Nature Communications*. 2017. V. 8. 2013.
- Cawood P.A., Nemchin A.A., Freeman M., Sircombe K. Linking source and sedimentary basin: Detrital zircon record of sediment flux along a modern river system and implications for provenance studies // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2003. V. 210. P. 259–268.
- Chalov S.R., Liu S., Chalov R.S. et al. Environmental and human impacts on sediment transport of the largest Asian rivers of Russia and China // *Environ. Earth Sci.* 2018. V. 77. 274.
- Condie K.C., Bickford M.E., Aster R.C. et al. Episodic zircon ages, Hf isotopic composition, and the preservation rate of continental crust // *GSA Bulletin*. 2011. V. 123. P. 951–957.
- Condie K.C., Dengate J., Cullers R.L. Behavior of rare earth elements in a paleoweathering profile on granodiorite in the Front Range, Colorado, USA // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1995. V. 59. P. 279–294.
- Dessert C., Dupre B., Gaillardet J. et al. Basalt weathering laws and the impact of basalt weathering on the global carbon cycle // *Chem. Geol.* 2003. V. 202. P. 257–273.
- Drake D.E. Suspended sediment transport and mud deposition on continental shelves // *Marine sediment transport and environment management* / Eds D.J. Stanley, D.J.P. Swift. N. Y.: Wiley, 1976. P. 127–158.
- Gaillardet J., Dupre B., Allegre C.J. Geochemistry of large river suspended sediments: silicate weathering or recycling tracer? // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1999. V. 63. P. 4037–4052.
- Gaillardet J., Viers J., Dupre B. Trace elements in river waters // *Treatise on Geochemistry*. 2nd ed. / Eds H.D. Holland, K.K. Turekian. Amsterdam: Elsevier, 2014. P. 195–235.
- Garzanti E., Andó S., France-Lanord C. et al. Mineralogical and chemical variability of fluvial sediments 2. Suspended-load silt (Ganga–Brahmaputra, Bangladesh) // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2011. V. 302. P. 107–120.
- Garzanti E., Andò S., Vezzoli G. Settling equivalence of detrital minerals and grain-size dependence of sediment composition // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2008. V. 273. P. 138–151.
- Garzanti E., Bayon G., Dinis P. et al. The Segmented Zambezi Sedimentary System from Source to Sink: 2. Geochemistry, Clay Minerals, and Detrital Geochronology // *J. Geol.* 2022. V. 130. P. 171–208.
- Garzanti E., Vermeesch P., Vezzoli G. et al. Congo River sand and the equatorial quartz factory // *Earth-Sci. Rev.* 2019. V. 197. 102918.
- Gislason S.R., Oelkers E.H., Snorrason A. Role of river-suspended material in the global carbon cycle // *Geology*. 2006. V. 34. P. 49–52.
- Goldstein S.J., Jacobsen S.B. Rare earth elements in river water // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1988. V. 89. P. 35–47.
- He M., Zheng H., Bookhagen B., Clift P.D. Controls on erosion intensity in the Yangtze River basin tracked by U–Pb detrital zircon dating // *Earth-Sci. Rev.* 2014. V. 136. P. 121–140.
- He M., Zheng H., Clift P.D. et al. Geochemistry of fine-grained sediments in the Yangtze River and the implications for provenance and chemical weathering in East Asia // *Progress in Earth and Planet. Sci.* 2015. V. 2. 32. <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0061-6>
- He M.Y., Zheng H.B., Huang X.T. et al. Yangtze River sediments from source to sink traced with clay mineralogy // *J. Asian Earth Sci.* 2013. V. 69. P. 60–69.
- Krickov I.V., Lim A.G., Manasyrov R.M. et al. Major and trace elements in suspended matter of western Siberian rivers: First assessment across permafrost zones and landscape parameters of watersheds // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2020. V. 269. P. 429–450.
- Ludwig W., Amiotte-Suchet P., Munhoven G., Probst J.-L. Atmospheric CO₂ consumption by continental erosion: Present-day control and implications for the Last Glacial Maximum // *Global Planet. Change*. 1998. V. 16–17. P. 107–120.
- Martin J.M., Meybeck M. Elemental mass-balance of material carried by major world rivers // *Mar. Chem.* 1979. V. 7. P. 173–206.
- Martin J.-M., Whitfield M. The significance of the river input of chemical elements to the ocean // *Trace Metals in Sea Water* / Eds C.S. Wong, E. Boyle, K.W. Bruland et al. N.Y.: Plenum, 1983. P. 265–296.
- Martin J.M., Høgdahl O., Philippot J.C. Rare earth element supply to the Ocean // *J. Geophys. Res.* 1976. V. 81. P. 3119–3124.
- Miall A.D. How do we identify big rivers? And how big is big? // *Sed. Geol.* 2006. V. 186. P. 39–50.
- Nriagu J.O. A silent epidemic of environmental poisoning // *Environ. Pollut.* 1988. V. 50. P. 139–61.

- Nriagu J.O., Pacyna J.M.* Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water, and soils by trace metals // *Nature*. 1988. V. 33. P. 134–139.
- Pokrovsky O.S., Viers J., Dupré B. et al.* Biogeochemistry of carbon, major and trace elements in watersheds of northern Eurasia drained to the arctic ocean: The change of fluxes, sources and mechanisms under the climate warming prospective // *Comptes Rendus Geos.* 2012. V. 344. P. 663–677.
- Potter P.E.* Significance and origin of big rivers // *J. Geol.* 1978. V. 86. P. 13–33.
- Potter P.E., Hamblin W.K.* Big Rivers Worldwide. Part 1. Origins // *BYU Geology Studies*. 2005. V. 48. 78 p.
- Rachold V.* Major, trace and rare earth element geochemistry of suspended particulate material of East Siberian rivers draining to the Arctic Ocean // *Land–Ocean Systems in the Siberian Arctic: dynamics and history* / Eds H. Kassens, H.A. Bauch, I.A. Dmitrenko et al. Berlin: Springer-Verlag, 1999. P. 199–222.
- Rachold V., Alabyan A., Hubberten H.-W. et al.* Sediment transport to the Laptev Sea-hydrology and geochemistry of the Lena River // *Polar Res.* 1996. V. 15. P. 183–196.
- Syvitski J.P.M., Vörösmarty C.J., Kettner A.J., Green P.* Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean // *Science*. 2005. V. 308. № 5720. P. 376–380.
- Taylor S.R., McLennan S.M.* The Continental Crust: Its Composition and Evolution: an Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks. Oxford: Blackwell, 1985. 312 p.
- Viers J., Dupre B., Gaillardet J.* Chemical composition of suspended sediments in World Rivers: New insights from a new database // *Sci. Total Environ.* 2009. V. 407. P. 853–868.
- Viers J., Oliva P. Dandurand J.-L., Gaillardet J.* Chemical weathering rates, CO₂ consumption, and control parameters deduced from the chemical composition of rivers // *Treatise on geochemistry* 2nd ed. / Eds H.D. Holland, K.K. Turekian. Amsterdam: Elsevier, 2014. V. 7. P. 175–194.
- Walling D.E.* Human impact on land–ocean sediment transfer by the world's rivers // *Geomorphology*. 2006. V. 79. P. 192–216.
- Walling D.E., Fang D.* Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers // *Global Planet. Chan.* 2003. V. 39. P. 111–126.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE PELITE COMPONENT OF BOTTOM SEDIMENTS DEPOSITED NEAR THE MOUTHS OF MODERN MAJOR RIVERS. HOW STABLE ARE THEY UPSTREAM?

A. V. Maslov^{1,*}, I. A. Nemirovskaya^{2,**}, V. P. Shevchenko^{2,***}

¹*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Pyzhevsky lane, 7, bld. 1, Moscow, 119017 Russia*

²*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,*

Nakhimovsky prosp., 36, Moscow, 117997 Russia

**e-mail: amas2004@mail.ru*

***e-mail: nemir44@mail.ru*

****e-mail: vshevch@ocean.ru*

The article analyzes a number of geochemical characteristics (values (La/Yb)_N and Eu/Eu*, Th content) of fine-grained silty and silty-pelitic gray silts of the Volga, particulate suspended matter of the Lena and silty-pelitic fraction of Yangtze bottom sediments. It has been established that in almost all cases, the indicated parameters of the lanthanide spectra normalized to chondrite and the Th content turn out to be comparable with their values determined for specially prepared (removal of non-terrigenous carriers of rare earth elements – carbonate minerals, Fe-Mn oxyhydroxides and organic components) pelitic fractions of bottom sediments deposited near the mouths of the named major rivers, and remain so thousands of kilometers up from their deltas/mouths. The regulation of the Volga and Yangtze flows does not have a significant impact on the parameters of particulate suspended matter and bottom sediments we are considering.

Keywords: Volga, Lena, Yangtze, gray silts, suspended particulate matter, silty-pelitic fraction of bottom sediments, geochemical characteristics, major rivers