

УДК 556.53 в 671 (470.11)

ЛУКЬЯНОВ Сергей Александрович, младший научный сотрудник Северо-Западного отделения Института океанологии имени П.П. Шишова РАН (г. Архангельск), аспирант кафедры географии и геоэкологии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 8 научных публикаций

ШВАРЦМАН Юрий Григорьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры географии и геоэкологии института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заведующий лабораторией комплексного анализа наземной и космической информации для экологических целей Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 206 научных публикаций

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ УСТЬЕВЫХ ЗОН МАЛЫХ РЕК ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Проведены исследования гранулометрического состава поверхностного слоя донных отложений в устьевой зоне рек бассейна Онежского залива Белого моря (Нижма, Кянда и Тамица) летом 2010 года. Приведены результаты сравнения гранулометрического состава донных осадков устьевых участков и устьевого взморья рек Онежского залива. Рассмотрены локальные особенности донных отложений с учетом морфологии русла и гидрологических условий.

Ключевые слова: *гранулометрический состав, донные отложения, устьевая зона, фракции грунта.*

Введение. Гранулометрический анализ водной взвеси широко применяется для познания процессов осадконакопления в морях и океанах [5, 6]. Исследование гранулометрического состава донных отложений устьевых областей рек бассейна Белого моря в основном сводилось к изучению устьевых областей крупных рек (Сев. Двина, Онега, Мезень и т. д.). Изучению гранулометрического состава устьевых зон малых рек бассейна Белого моря не уделялось достаточного внимания и особенно – пространственному распределению донных отложений устьевой зоны реки по грануломе-

трическому составу. Гранулометрический (водно-механический) анализ – важный инструмент в познании седиментационных процессов в морях и океанах [3].

Экологическое состояние рек – один из важнейших вопросов геоэкологии. Гранулометрический состав донных отложений дает возможность определить накопление в них загрязняющих веществ (тяжелые металлы, радиоактивные элементы, углеводороды). Верхний 10-сантиметровый слой донных осадков является важным показателем интенсивности накопления загрязняющих веществ в донных

отложениях, а также является отражением состояния придонных экосистем. Кроме этого, по физическим характеристикам верхнего слоя осадков можно судить о современных условиях седиментации [8]. На поверхности дна осаждаются значительная часть поллютантов, приносимых в морскую среду воздушными потоками, речным стоком или вносимых человеком в результате дампинга, сброса сточных вод и при аварийных ситуациях [4]. При строительных или дноуглубительных работах происходит взмучивание донных осадков поверхностного слоя, после чего происходит вторичное загрязнение воды.

Основными процессами формирования гранулометрических спектров осадков Белого моря являются гидродинамика (латеральный перенос материала), гравитация (осаждение на дно терригенных, биогенных и др. компонентов). На процессы осадконакопления также оказывают влияние характер рельефа дна, речной сток, ледовый режим [1].

Онежский залив – самый большой по площади (12,3 тыс. км²) и в то же время самый мелководный залив Белого моря: его средняя глубина не превышает 20 м. В кутовой части большие площади заняты глубинами менее 3 м, а во внешней части – глубинами порядка 50-60 м. Восточный берег залива (Онежский) достаточно пологий в отличие от крутого западного (Поморского).

Донный рельеф Онежского залива отличается довольно сложным строением. Выровненные поверхности, сложенные в основном мелкозернистыми осадками, чередуются с положительными формами рельефа, обусловленными выходами на поверхность (или расположенными близко к ней) коренных пород. Поверхностные донные отложения в целом характеризуются преобладанием хорошо отсортированных мелкозернистых песков с пятнами пелитово-алевритовых отложений. Во внешней части залива осадки представлены в основном песчаными фракциями с включением гравийного и галечного материала. Центральные участки залива покрыты

хорошо сортированными песками, а вершина залива – заиленными песками и илистыми осадками.

Западный (Лямецкий берег) простирается от мыса Ухтнаволок до устья реки Онеги. Берег между мысом Ухтнаволок и губой Летняя Золотица обрывистый. К западу от губы до мыса Летний Орлов и далее на юг до мыса Чесменский берег низменный. Между мысом Чесменский и устьем реки Онега побережье спускается к морю двумя террасами, оканчивающимися у берега нешироким пляжем.

Восточный берег по сравнению с западным изрезан мало; в него вдаются лишь несколько губ, наибольшими из которых являются губы Летняя Золотица, Конюхова, Пушлахта, Ухта и Кяндская. Островов у восточного побережья относительно мало; все они, за исключением острова Жижгинский, невелики, лежат в южной части Онежского залива и перед входом в устье реки Онега [7].

Регулярные гидрологические исследования по данным рекам не проводились, поэтому данных по режиму исследуемых рек нет.

Вдоль морского побережья в районе исследований генетический тип четвертичных отложений представлен морскими современными отложениями. На удалении 1-3 км от берега на суше находятся ледниковые отложения верхнечетвертичного периода. Литологический состав пород данного района представлен супесями и песками со щебнем и валунами, на побережье преобладают пески [2].

Материалы и методы. В 2010 году была проведена экспедиция, организованная СЗО ИО РАН с 23 июля по 6 августа. Объект исследования – Онежский залив, Лямецкий берег, устьевая зона рр. Нижма, Кянда и Тамица. За этот период на 19 станциях был произведен отбор проб донных отложений.

Схема расположения станций отбора проб соответствует цели исследования: охватить наибольшую территорию устьевой зоны реки и проследить изменения гранулометрического состава донных отложений. На р. Нижма был произведен отбор на семи станциях, на рр. Кян-

да и Тамица – на 6 станциях на каждой, в сумме всего 19 станций.

Во время отлива пробы отбирались с помощью пластмассового совка и упаковывались в герметично закрывающиеся полиэтиленовые пакеты. Вес пробы составлял 1,5-2 кг. Каждую пробу сопровождал протокол отбора проб.

Анализ гранулометрического состава. Гранулометрический анализ проводился в лаборатории СЗО ИО РАН. Работы с пробами по определению гранулометрического состава производились согласно «ГОСТ 12536-79. Методы определения гранулометрического состава». Настоящий стандарт распространяется на песчаные и глинистые грунты и устанавливает методы лабораторного определения гранулометрического состава, применяемого при исследованиях грунтов для строительства.

Гранулометрический анализ состоял в расчленении грунта на группы с близкими по величине частицами. Размер частиц определялся по диаметру и выражался в миллиметрах.

При проведении анализа проб на гранулометрический состав применялся ситовый и ареометрический метод. При ситовом методе образцы грунта, высушенные до воздушно-сухого состояния, растирались в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником. Разделение грунта на фракции ситовым методом без промывки водой осуществлялось ситами с размером отверстий 10; 5,0; 2,0; 1,0 мм. Среднюю пробу для анализа брали методом квартования. Вес средней пробы составил 200 г. Взвешенную пробу грунта просеивали через колонку сит с поддоном. Потеря грунта при просеивании была разнесена по всем фракциям пропорционально их весу. Ситовым методом было определено процентное содержание фракций более 10; 10-5; 5-2; 2-1 мм.

Ареометрическим методом проводилось определение гранулометрического (зернового) состава глинистых грунтов путем измерения плотности суспензии ареометром в процессе отстаивания. Средняя проба из грунта, прошедшего сквозь сито с размером отверстий 1 мм, отбиралась методом квартования, про-

изводилось апробирование суспензии на коагуляцию. При разделении на фракции пробы грунта, суспензия которой при опробовании на коагуляцию не коагулирует, для промывания и разбавления суспензии применялась дистиллированная вода с добавлением на 1 л 0,5 см³ 25 % раствора аммиака. При анализе проб, раствор которых коагулирует, промывание проводилось дистиллированной водой, а при разбавлении суспензии добавляли 25 см³ 4 % раствора пирофосфорнокислого натрия (из расчета на безводный Na₄P₂O₇).

Навеска средней пробы 25 г помещалась в колбу, к ней добавлялось 225 мл воды для доведения общего количества до десяти кратного по отношению к исходному. После чего производилось кипячение в песочной бане для песков 30 мин, для глин и суглинков в течение 1 часа. Суспензия комнатной температуры переносилась в литровый цилиндр через сито 0,1 мм. Оставшиеся в сите фракции высушивали в песочной бане и пропускали через колонку из сит 0,5, 0,25, 0,1 мм. Таким образом были определены массы фракций: 1,0-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1 мм. При проведении испытаний осуществлялся контроль за температурой. При температуре, отличающейся от +20 С°, к отсчетам по ареометру вносилась температурная поправка согласно таблице 3 ГОСТа 12536-79 «Методы определения гранулометрического состава».

Процентное содержание каждой фракции (0,05-0,01; 0,01-0,005; 0,005-0,002) грунта вычисляли последовательными вычитаниями из большей величины меньшей.

Фракция 0,10-0,05 мм была найдена по разности вычитанием из 100 % суммы всех фракций, определяемых с помощью ареометра и ситовым методом.

Результаты и обсуждение.

Река Нижма. Отбор проб производился в реке и на устьевом взморье. Исследования показали, что данную территорию можно условно разделить на две зоны, восточную и западную. Западная зона включает в себя станции № 6 и № 7, которые являются однокомпонентны-

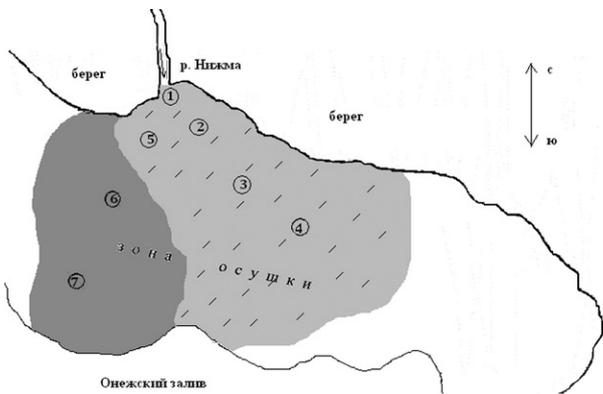


Рис. 1. Зоны донных отложений по преобладающей фракции р. Нижма

▨ – Восточная зона. Многокомпонентные грунты
 ■ – Западная зона. Песчаные грунты

ми со значительным преобладанием песчаных фракций (1,0-0,1 мм), более 70 %. Эти станции расположены по правой стороне русла реки, приблизительно на расстоянии 300 и 500 м от берега соответственно. Зоны донных отложений по преобладающей фракции р. Нижма представлены на рис. 1.

Восточная зона включает в себя пять станций под номерами: 1, 2, 3, 4, 5.

Станция № 1 расположена в русле реки. Грунт в данной точке состоит в основном, из алеврита (0,1–0,01 мм) и пелита (0,01–0,001 мм), которые составляют 80 % от общего количества фракций. Содержание каменисто-гравийной составляющей постепенно уменьшается от устья к морю в юго-восточном направлении. Так на станциях № 5, 2 каменисто-гравийные фракции составляют 62 % и 45 % соответственно, а на станциях № 3, 4 составляют уже 24 % и 4 % соответственно. Песчаные фракции на всех станциях, кроме станции № 1, сохраняются на стабильном уровне и варьируют в пределах от 28 % на ст. № 5 до 34 % на ст. № 3.

Содержание алевритов и пелитов с удалением от речного устья возрастает. Если на станциях № 5 и 2 алевриты составляют 4 % и 21 %, пелиты 6 % и 4 % соответственно, то на станциях № 3 и 4 алевриты составляют 26 % и 44 %, пелиты 15 % и 20 % соответственно. Диаграмма гранулометрического состава донных отложений р. Нижма представлена на рис. 2 а.

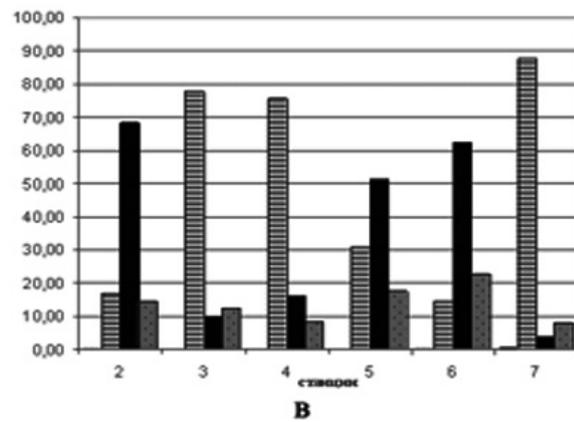
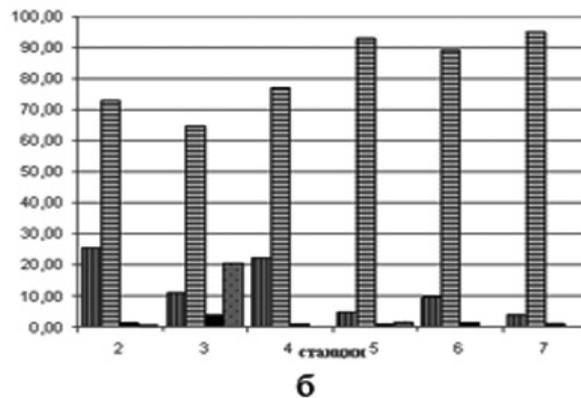
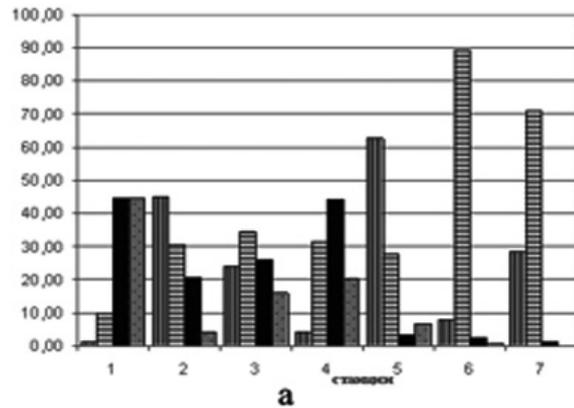


Рис. 2. Диаграмма. Гранулометрический состав донных отложений устьевой зоны, %: а – р. Нижма, б – р. Тамица, в – р. Кянда.

▨ – Каменисто-гравийная часть,
 ▤ – Песок 1-0,1 мм,
 ■ – Алеврит 0,1-0,01 мм,
 ▩ – Пелиты менее 0,01 мм

Река Тамица. Отбор проб проводился на шести станциях. Во всех пробах грунта преобладает песчаная фракция. Согласно результатам исследований данный район можно разделить на две зоны: северную и южную. Зоны донных отложений по преобладающей фракции р. Тамица представлены на рис. 3.

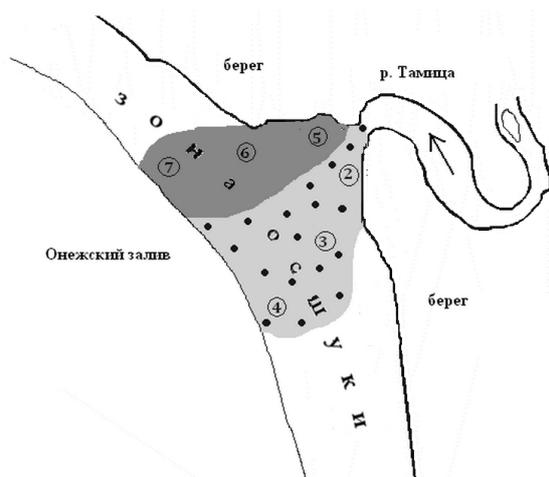


Рис. 3. Зоны донных отложений по преобладающей фракции р. Тамица.
 ■ – Северная зона. Песчаные грунты.
 ■ (с точками) – Южная зона. Песчаные грунты с каменно-гравийным компонентом.

Все станции, за исключением станции № 3, являются песчаными однокомпонентными. В северной зоне района на станциях № 5, 6, 7 песчаный компонент составляет около 90 %. С удалением от речного устья процентное содержание песчаных фракций возрастает: на станциях № 5, 6, 7 составляет 92 %, 89 %, 95 % соответственно. В южной зоне исследуемого района песчаный компонент также составляет значительную часть, однако здесь присутствует и каменно-гравийная составляющая. Так на станциях № 2, 3, 4 содержится 25 %, 11 % и 22 % каменно-гравийной фракции соответственно.

Характерной особенностью данного района является низкое содержание в грунте алевритов и пелитов. На всех станциях их процентное содержание не превышает 1 %, исключением является станция № 3, на которой содержание алеврита и пелита составляет 4 % и 20 % соответственно. Диаграмма гранулометрического состава донных отложений р. Тамица представлена на рис. 2 б.

Река Кянда. Отбор проб проводился на шести станциях. Данный район исследований можно условно разделить на восточную и западную зоны. Зоны донных отложений по преобладающей фракции р. Кянда представлены на рис. 4. Восточная зона представлена стан-

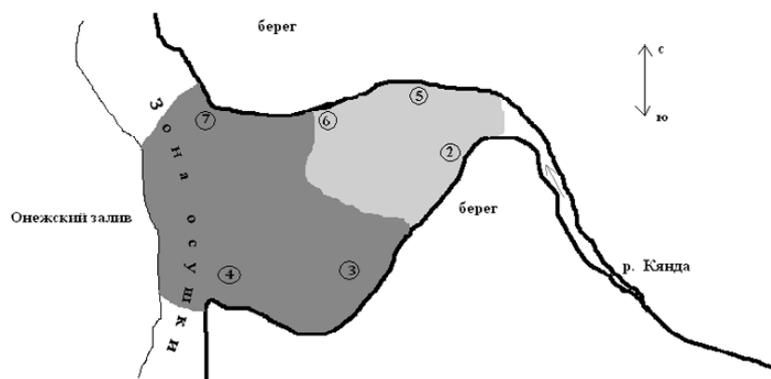


Рис. 4. Зоны донных отложений по преобладающей фракции р. Кянда.
 ■ (с диагональными линиями) – Восточная зона. Алевритовые грунты.
 ■ – Западная зона. Песчаные грунты.

циями № 2, 5 и 6, на которых основным компонентом является алеврит, его процентное содержание составляет 79 %, 51 % и 62 % соответственно. Западная зона представлена станциями № 3, 4, 7, процентное содержание песчаной фракции, в пробах которых составляет 78 %, 75 % и 88 % соответственно. Все грунты станций № 3, 4 и 7 являются однокомпонентными песчаными. Диаграмма гранулометрического состава донных отложений р. Кянда представлена на рис. 2 в.

Выводы. На основании полученных данных можно сделать следующие выводы о гранулометрическом составе донных отложений данного региона:

1. Тамица имеет более быстрый режим течения относительно других рассматриваемых рек. Этим фактором, а также особенностью гидрологических условий обусловлено наличие в южной части района песчаных фракций со значительным содержанием каменисто-гравийной фракции.

2. Для Кянды характерен более спокойный режим относительно двух других рассма-

триваемых рек, а также наличие широкого устья, что в совокупности с гидрологическими условиями способствовало формированию грунта с большим содержанием алеврита.

3. Характер течения реки Нижма относительно других рассматриваемых рек, является средним, что с рядом гидрологических особенностей данного региона объясняет образование относительно большой площади многокомпонентных грунтов в восточной части исследуемого района.

Результатов одного сезона явно недостаточно, чтобы дать окончательный вывод о гранулометрическом составе донных отложений в устьевых зонах данных рек. Необходимо провести аналогичные исследования в следующих сезонах. Это позволит определить более точные границы фракционных зон и относительную изменчивость или устойчивость процентного содержания фракций в данных зонах. Данная работа дает возможность определить зоны, которые подвержены повторному загрязнению.

Список литературы

1. Алексеева Т.Н. Фракционная структура поверхностного слоя донных осадков Белого моря // материалы Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова (8–11 июня 2009 г., Ростов-на-Дону). Ростов н/Д, 2009. С. 14–15.
2. Атлас Архангельской области. М., 1976.
3. Геология морей и океанов. Т. 3. С. 143.
4. Иванов. Г.И. Геоэкология Западно-Арктического шельфа России: литолого-экогеохимические аспекты. СПб., 2006.
5. Кравчишина М.Д. Взвешенное вещество Белого моря и его гранулометрический состав. М., 2009.
6. Лисицин А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М., 1988.
7. Лоция Белого моря. Режим доступа: <http://www.rivermaps.ru/doc/beloe/beloe-9.html>.
8. Лукьянов С.А., Лебедев А.А., Шварцман Ю.Г. Гранулометрический состав донных отложений и его распределение в устьевой зоне реки Северной Двины // Вестн. Помор. ун-та. Сер.: «Ест. науки». 2011. № 2 С. 13.

References

1. Alekseeva T.N. Fraktsionnaya struktura poverkhnostnogo sloya donnykh osadkov Belogo oray [Fractional Structure of the Surface Layer of the White Sea Bottom Sediments]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya D.G. Panova* [Proc. Int. Sci. Conf. Devoted to the 100th Birthday Anniversary of D.G. Panov]. 8–11 June 2009, Rostov-on-Don. Rostov-on-Don, 2009, pp. 14–15.

2. *Atlas Arkhangel'skoy oblasti* [Atlas of the Arkhangelsk Region]. Moscow, 1976.
3. *Geologiya morey i okeanov* [Geology of Seas and Oceans]. Vol. 3, p.143.
4. Ivanov G.I. *Geoekologiya Zapadno-Arkticheskogo shel'fa Rossii: litologo-ekogeokhimicheskie aspekty* [Geocology of the Western Part of the Russian Arctic Shelf: the Lithologic and Ecogeochemical Aspects]. St. Petersburg, 2006, 173 p.
5. Kravchishina M.D. *Vzveshennoe veshchestvo Belogo morya i ego granulometricheskoy sostav* [Suspended Matter of the White Sea and Its Grain-Size Composition]. Moscow, 2009. 223 p.
6. Lisitsin A.P. *Lavinnaya sedimentatsiya i pereryvy v osadkonakoplenii v moryakh i okeanakh* [Avalanche Sedimentation and Periods of Non-deposition in the Seas and Oceans]. Moscow, 1988. 309 p.
7. *Lotsiya Belogo morya* [Sailing Directions for the White Sea]. Available at: <http://www.rivermaps.ru/doc/beloe/beloe-9.htm>.
8. Luk'yanov S.A., Lebedev A.A., Shvartsman Yu.G. *Granulometricheskoy sostav donnykh otlozheniy i ego raspredelenie v ust'evoy zone reki Severnoy Dviny* [Granulometric Composition of the Ground Sediments and Its Distribution in the Estuarine Zone of the Northern Dvina River]. *Vestn. Pomor. un-ta. Ser.: "Est. nauki"*, 2011, no. 2, p. 13.

Lukyanov Sergey Aleksandrovich

Northwestern Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology,
Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia);
Postgraduate Student, Institute of Natural Sciences and Biomedicine,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

Shvartsman Yuriy Grigoryevich

Institute of Natural Sciences and Biomedicine,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov;
Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the
Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

GRAIN-SIZE COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS IN THE ESTUARINE ZONES OF THE MINOR RIVERS OF THE WHITE SEA ONEGA BAY

The grain-size composition of the surface layer of bottom sediments in the estuarine zone of the White Sea Onega Bay rivers (Nizhma, Kyanda and Tamitsa) was investigated in the summer of 2010. The results of comparing grain-size composition of bottom sediments in estuarine areas and estuarine seashore of the Onega Bay rivers are presented in the article. Local features of bottom sediments are considered taking into account the channel morphology and hydrological conditions.

Keywords: *grain-size composition, bottom sediment, estuarine area, soil fractions.*

Контактная информация:

Лукьянов Сергей Александрович
адрес: 163061, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 112, корп. 3
e-mail: sergeiuk@yandex.ru

Шварцман Юрий Григорьевич
адрес: 163002, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 4
e-mail: shvartsman@pomorsu.ru

Рецензент – *Киселёв Г.П.*, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией экологической радиологии Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск)