

УДК 631.41:574.24

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНЫХ ПОЧВ БУХТЫ ТРОИЦЫ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Полохин О.В.

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток, e-mail: o.polokhin@mail.ru

Приведены результаты изучения химического состава подводных почв бухты Троицы (залив Петра Великого). Дано описание физических и химических свойств акваземов. Установлено, что уровень загрязнения акваземов и их потенциальная токсичность тесно связаны со значительным техногенным и антропогенным прессом на акваторию. Полученные результаты показывают, что в подводных почвах бухты Троицы (по сравнению с кларком в современных илах океанов) в основном химическом составе доминирует терригенный материал алюмосиликатного состава. Анализ распределения микроэлементов в подводных почвах показал, что они обогащены хромом, рубидием и свинцом при этом, не превышая установленных норм ПДК и ОДК для почв. Для оценки экологической опасности возможной загрязненности морских почв были выполнены расчеты индексов загрязнения: фактора загрязнения и степени загрязнения. Установлено, что подводные почвы б. Троицы высоко загрязнены медью, а степень загрязнения тяжелыми металлами соответствует среднему уровню. Для выяснения экологической опасности загрязнения акваземов для биоты бухты Троицы использовались индексы экологического риска. Установлено, что суммарная оценка токсичности соответствует умеренно токсичным осадкам.

Ключевые слова: экологическое состояние, подводные почвы, токсичность донных отложений, тяжелые металлы.

EVALUATION OF ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE SUBAQUEOUS SOILS (AQUAZEMS) IN THE TRINITY BAY (JAPAN SEA)

Polokhin O.V.

Institute of Biology and Soil Sciences, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: o.polokhin@mail.ru

We present the results for the chemical composition study of subaqueous soils (aquazems) in the Trinity bay (Peter the Great Gulf). Physical and chemical properties have been described. The pollution level of underwater soils and their potential toxicity depend on technogenic and anthropogenic impact on the water area. The contamination of subaqueous soils and their potential toxicity were assessed by the computation of contamination indexes and the ecological risk index, as well as by comparison of the concentrations of toxicants in the aquazems with the sediment quality guide lines (SQG). The such heavy metals as Cr, Rb, Pb and Cu were major inputs to the potential toxicity of the subaqueous soils. The total score corresponds to the toxicity moderately toxic sediments is established.

Keywords: ecological condition, subaqueous soils, sediment toxicity, heavy metals.

Антропогенное и техногенное воздействие приводит к нарушению природного фона многих элементов в среде и, соответственно, в организмах. Большинство загрязняющих веществ опускаются на дно и сорбируются донными отложениями (подводными почвами), поэтому химический состав подводных почв (акваземов [6]) является интегральным показателем загрязнения акватории. Известно, что акваземы представляют собой полигенные образования, в формировании которых принимают участие терригенные, биогенные и аутогенные компоненты. Концентрации элементов в подводных почвах зависят от того, какие вещества и в каком количестве поступают в акваторию, от гранулометрического состава, физико-химических свойств и элементов, течений и способности элементов перемещаться на разные расстояния, влияния стока рек, наличия постоянно действующих

антропогенных и техногенных источников [3, 5]. В связи с усилением антропогенной нагрузки на водные экосистемы Приморского края все большую актуальность приобретают оценки их экологического состояния, определение допустимого физического воздействия, загрязнения, нарушения биологических свойств изменяющихся экосистем. В настоящее время происходит активное увеличение темпов и масштабов использования ресурсов береговой зоны залива Петра Великого. С одной стороны активно развивается порт Зарубино, развивается производство морепродуктов, с другой – морское побережье привлекает огромное количество населения из различных регионов страны как благоприятная рекреационная зона. Целью исследований являлось выяснение уровня загрязнения подводных почв бух. Троицы и возможного экологического риска для биоты. В задачи исследования входило изучение гранулометрического, общего химического и микроэлементного составов поверхностного слоя акваседиментов, оценка их экологического качества.

Материалы и методы исследования

Отбор проб проводился в четвертой декаде августа-первой декаде сентября 2010-2014 гг. в бух. Троицы зал. Посыета на 22 станциях. Образцы были отобраны по периметру бухты на глубинах от 1 до 12 метров под зостерой морской и расположенных рядом, открытых участках. Образцы подводных почв отбирались с помощью водолазов и пробоотборника. На каждой из станций отбиралось по 5 проб. Пробы акваседиментов подсушивали при температуре 105°. Для анализа брали мелкозем (фракция <1мм). Определение валового содержания элементов проводился на рентгенофлуорисцентном спектрометре Shimadzu EDX 800 (Япония).

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования проводились в бухте Троицы. Бухта Троицы располагается в северо-восточной части зал. Китовый, в северо-восточной части залива Посыета Японского моря. Это глубокоовраженная акватория закрытого типа, имеет узкий вход, сильно изрезанное побережье. Бухта является «ловушкой» для мелких фракций грунта [2]. Бухта открыта к югу, вдается в материк на 6 км. Ширина у входа составляет 1,7 км. Берег преимущественно высокий, местами обрывистый, поросший лесом. На западе бухты отделяется от залива Посыета полуостровом Зарубина. В бухту впадает река Андреевка. Основные глубины на фарватере составляют 20–35 м, северная и западные части бухты мелководны. На восточном берегу расположено село Андреевка и многочисленные турбазы и базы отдыха. Строительство баз ведется с нарушением всех возможных правил природопользования. Для обустройства мест отдыха срываются целые сопки, уничтожается растительный покров. В результате этих действий происходит активный размыв грунта с выносом его в зоны

аккумуляции. Сброс сточных, канализационных вод производится в акваторию бухты. Повсеместно начинает наблюдаться физическое изменение и уничтожение местообитаний биоты. Исходя из того, что почвообразование есть преобразование исходного субстрата под действием биологических процессов, то и большинство экофункций подводных почв есть одновременно производные этих процессов и содействие почв жизни подводной биоты. Предполагается, что динамика развития подводных почв должна быть сингенетична динамике развития биоты морского дна. Почвы суши и подводные почвы (донные отложения) не являются аналогами. Как совершенно справедливо указывали ряд исследователей (Соколов И.А., Росликова В.И.) подводные почвы являются “экопочвами“, то есть образованиями выполняющими экологические функции почвы и относящимися к отделу субаквальных экопочв формирующихся на дне водоемов. Донные ландшафты, встречающиеся в бухте Троицы, имеют вид концентрических дуг, соответствующих направлению течений. Изучаемый ландшафт – сегетий (рельеф простой, биоосложненный, уклон слабый, грунт кольматированный, с ячеистым скелетом, с биоподвижными и бионеподвижными элементами) (Преображенский Б.В.). Наибольшая ширина до 250 м. Это ландшафт с зарослями *Zostera marina*. Установлено, что под данным типом растительности развиты акваземы дерновые, солонководные обычные. Гранулометрический состав – песок связный среднепылеватый. Образцы почв под zostерой имеют плотную дернину (0-15 см), густо переплетенную живыми и отмершими корневищами и корнями. В верхней части 0-2 см дернина имеет серо-желтый цвет. Это, вероятно, зона окисления. Ниже цвет от темно-серого до черного. С характерным болотным запахом, что характеризует зону восстановления. При высыхании становится светло-серым. Содержание органического вещества в дерновых акваземах бухты Троицы составляет 1,4-2,8%. Повышенное содержание органического углерода под зарослями zostеры имеет двойное происхождение. С одной стороны это результат жизнедеятельности самой травы, т.е. педогенное накопление. С другой – абиотический.

Как правило, эколого-санитарно-гигиеническая оценка уровней содержания химических элементов в природных средах осуществляется посредством сопоставления их фактических концентраций с показателями ПДК и/или ОДК. Однако для донных отложений (подводных почв) утвержденные нормативы отсутствуют. С учетом максимально возможного уровня опасности в России разработаны классы загрязняющих веществ по степени их опасности (ГОСТ 17.41.02-83): 1 класс – высокоопасные (Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F); 2 класс – умеренно опасные (Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb); 3 класс – малоопасные (V, W, Mn, Sr, Ba). Среди тяжелых металлов с точки зрения загрязнения Японского моря, принято

выделять трассеры техногенного влияния – Pb, Cd, Ni, антропогенного влияния – Cu, Zn и терригенного стока – Fe, Mn [7].

Таблица 1

Коэффициенты концентрации и содержание макроэлементов в дерновых акваземах бухты Троицы

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
Валовое содержание, %	0,89	11,62	75,01	0,05	2,47	2,47	0,53	0,04	2,71
Кк	0,39	1,19	1,84	0,33	1,59	0,13	0,96	1,11	0,52

На основе полученных результатов были вычислены кларки концентраций элементов по отношению среднего содержания элементов в акваземах к среднему их содержанию в современных илах океанов [9]. Содержание валовых форм элементов сравнивались с разработанными ПДК для России (ГН 2.1.7.2041-06) и ПДК для почв Дальнего Востока, а также с ОДК (ГН 2.1.7.2042-06) для песчаных и супесчаных почв [4].

Полученные результаты показывают, что в подводных почвах бух. Троицы (по сравнению с кларком в современных илах океанов) в основном химическом составе доминирует терригенный материал алюмосиликатного состава (Табл. 1, 2). В повышенных концентрациях находятся калий и марганец, при этом концентрация марганца превышает и фоновые значения. Анализ распределения микроэлементов в подводных почвах показал, что они обогащены хромом, рубидием и свинцом при этом, не превышая установленных норм ПДК и ОДК для почв. Остальные микроэлементы находятся в количествах ниже их кларков в илах океанов. По кларкам концентрации исследованные микроэлементы образуют следующий ряд: Rb>Cr>Mn>Pb>V>Cu>Zn= Sr >Ni

Таблица 2

Средние значения концентраций микроэлементов в акваземах бухты Троицы (мг/кг)

Химический элемент	Содержание	Кк	Фоновая концентрация	ФЗ	ERL	ERM	TEL	PEL
V	65,6	0,7						
Cr	86,7	1,4	41	2,1	81,0	370,0	52,3	160,4
Ni	14,4	0,1	45	0,3	20,9	51,6	15,9	42,8
Cu	94,4	0,4	22	4,3	34,0	270,0	18,7	108,2
Zn	43,3	0,3	103	0,4	150,0	410,0	124,0	271,0
Rb	66,7	1,5						
Sr	198,9	0,3						
Pb	48,7	0,9	22	2,2	43,7	218,0	30,2	112,2
Mn	309,6	1,1	273	1,1				

Для оценки экологической опасности возможной загрязненности морских почв применяются не только разработанные для почв нормативы, но и интегральные методики. На практике применяются расчеты индексов загрязнения (отношение концентраций веществ и

элементов в исследуемых подводных почвах с фоновыми показателями, наиболее чистых районов) В своей работе мы использовали фактор загрязнения (ФЗ) рассчитанный как отношение фактической концентрации каждого элемента к фоновой концентрации этого же элемента. Значения $\Phi Z < 1$ – низкие, $1 \leq \Phi Z < 3$ – средние, $3 \leq \Phi Z < 6$ – высокие и $\Phi Z \geq 6$ – очень высокие. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что подводные почвы б. Троицы высоко загрязнены медью ($\Phi Z = 4,3$) (Табл. 2). Среднее значение фактора загрязнения выявлено для свинца, хрома и марганца. Низкие значения ФЗ характерны для цинка и никеля (трассеры антропогенного и техногенного воздействия). Также использовался показатель степени загрязнения почв акватории (СЗ) представляющий собой сумму всех ФЗ исследуемых элементов и веществ. В качестве фоновой концентрации элементов были взяты показатели по юго-западной части зал. Посыет [8]. Вычисление степени загрязнения производилось для 6 элементов, поэтому принималась следующая шкала для их оценки: $CZ < 6$ – низкая, $6 \leq CZ < 12$ – средняя, $12 \leq CZ < 24$ – высокая степень загрязнения почв. Вычисленная степень загрязнения тяжелыми металлами равна 10,4, что соответствует средней степени загрязнения. Для выяснения экологической опасности загрязнения акватории для биоты бух. Троицы использовались индексы экологического риска, получаемые путем сравнения фактических результатов с концентрациями этих же веществ, соответствующих критериям качества осадков (SQG) [1]. В частности, широко распространенными являются экологическая оценка морских донных отложений США и Канады. В этих методиках сравниваются концентрации веществ в исследуемых объектах с экспериментальными данными о токсичности различных элементов и веществ для морских организмов [1]. Рассчитывались две группы критериев качества, рассчитанных для морских поверхностных осадков: ERL/ERM и TEL/PEL ERL [1, 10]. Сравнивая экспериментальные данные с показателями ERM (Effects Range Median) и PEL (Probable Effect Level) можно отметить, что только концентрация меди приближается к ним. Суммарная оценка токсичности рассчитанная как отношение средней концентрации токсиканта в акватории к значению PEL для того же элемента и/или вещества к количеству токсикантов (коэффициент SQG-Q) оказалась равна 0,47, что соответствует умеренно токсичным осадкам, со средней вероятностью возможных неблагоприятных биологических последствий. Следует отметить, что полученные коэффициенты SQG не могут точно диагностировать являются ли акватории (донные осадки) токсичными для гидробионтов или нет. Однако комплекс всех показателей дает достаточно полное представление о загрязнении подводных почв и токсичности исследуемых веществ и элементов.

Выводы

На основании проведенных исследований микроэлементного состава аквазёмов (подводных почв) бух. Троицы можно с определенной долей уверенности говорить о значительном техногенном и антропогенном прессе на акваторию. Комплексное рассмотрение показателей индексов загрязнения и экологического риска свидетельствуют о том, что донные осадки умеренно загрязнены со средней вероятностью возможных неблагоприятных биологических последствий. Результаты сравнения содержания микроэлементов в подводных почвах показывают, что наиболее вероятное токсичное воздействие на гидробиоту могут оказывать хром, медь и свинец.

Список литературы

1. Ващенко М.А., Жадан П.М., Альмяшова Т.Н., Ковалева А.Л., Слинко Е.Н. Оценка уровня загрязнения донных осадков Амурского залива (Японское море) и их потенциальной токсичности // Биология моря. 2010. Т. 36. № 5. С. 354-361
2. Гальшева Ю.А., Нестерова О.В., Гришан Р.П. Гранулометрический состав и органическое вещество мягких осадков прибрежных морских экосистем северо-западной части Японского моря // Известия ТИНРО. 2008. № 154. С.103-113.
3. Киричук Н.Н., Пивкин М.В., Полохин О.В. Грибные комплексы аквазёмов Восточно-сахалинского шельфа // Биология моря. 2012. Т. 38. №. 5. С. 363-369.
4. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. М., 2006.
5. Пивкин В.М. Худякова Ю.В. Кузнецова Т.А. Сметанина О.Ф., Полохин О.В. Грибы аквапочв прибрежных акваторий Японского моря в южной части Приморского края // Микология и фитопатология. 2005. Т. 39. Вып. 6. С. 50-61.
6. Полохин О.В. К вопросу о классификации подводных почв // Современные почвенные классификации и проблемы их региональной адаптации. Материалы всероссийской научной конференции. Владивосток. 2010. С. 58-60.
7. Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря: монография / отв. ред. Н.К. Христофорова. – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. 440 с.
8. Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. Владивосток. 2004. 279
9. Ярошевский А.А., Ронов А.Б., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990, 180 с.

10. Hübner R., Astin K.B., Herbert R.J.H. Comparison of sediment quality guidelines (SQGs) for the assessment of metal contamination in marine and estuarine environments // J. Environ. Monit. 2009. Vol. 11. P. 713–722.

Рецензенты:

Пивкин М.В., д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии ФГБУН Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН, г. Владивосток;

Пуртова Л.Н., д.б.н., зав.сектором органического вещества почвы ФГБУН Биолого-почвенного-института ДВО РАН, г. Владивосток.