

Эколого-токсикологические исследования водорослей Белого моря

А.М. Белоруков, О.А. Пронина – Северное отделение ПИНРО

Общеизвестна роль водорослей, которую они играют в морской среде. Но, отмечая тот факт, что они являются прежде всего продуцентами органических веществ и кислорода, а также выполняют другие не менее важные функции в морских биоценозах, необходимо подчеркнуть их огромное экологическое значение. Произрастая практически во всех районах прибрежной зоны и обладая уникальными сорбционными способностями, они наиболее подвержены антропогенному воздействию и могут служить индикаторами загрязнения морской среды. Поэтому по уровню концентраций токсикантов в талломах водорослей можно в какой-то степени судить о степени загрязнения морской среды в целом.

Целями наших исследований были изучение накопления наиболее массовыми водорослями-макрофитами следующих групп токсичных соединений: алифатических и полициклических ароматических углеводородов, хлорорганических пестицидов, полихлорбифенилов и тяжелых металлов, а также выделение среди исследованных водорослей видов-эдикаторов.

Для определения уровня концентраций вышеуказанных токсикантов были выбраны наиболее массовые и ценные в промысловом отношении виды водорослей: *Fucus vesiculosus* L., *Fucus distichus* L., *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, *Laminaria saccharina* (L.) Lamour, *Laminaria digitata* (Huds.) Lamour, *Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fries, *Palmaria palmata* (L.) Kuntze, *Odentalia dentata* (L.) Lyngb., *Phicodris rubens* (L.) Batt.

Пробы водорослей отбирались в различных районах Белого моря: губах – Палкина, Чупа (Кандалакшский залив), Кемская и Сорокская, в районе Кийострова, губах Конюхова (Онежский залив) и Унская (Двинской залив).

Отбор водорослей производился водолазным способом. Отбиралось, как минимум, по пять растений каждого вида. Отобранные пробы макрофитов промывали в морской воде и после удаления организмов-обратателей в количестве не менее 100 г сухого веса помещали в сушильный шкаф с температурой 95°С.

Химический анализ проб водорослей выполняли в отделе морской и пресноводной среды ПИНРО в соответствии с методическими рекомендациями ФАО и ИКЕС. Содержание алифатических углеводородов (н-парафины $C_{11} - C_{29}$), хлорорганических пестицидов (а-ГХЦГ, g-ГХЦГ, ГХБ, циклоксиман, трансхлордан, трансноахлор, алдрин, дилдрин, p'-ДДЕ, o'-ДДД, p'-ДДД, o'-ДДТ, p'-ДДТ) и полихлорбифенилов (конгинеры 28, 31, 52, 77, 99, 101, 105, 118, 138, 126+187, 153, 156, 180) определяли методом капиллярной газовой хроматографии. Содержание полициклических ароматических углеводородов (нафталин, фенантрен, флуорантен, пирен, хризен+бенз(а)антрацен, перилен+бенз(b+k)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(ас+аh)антрацен, индено(1,2,3-сd)пирен+бенз(g,h,i)перилен – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Наличие тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Pb, Co, Cd, Fe, Hg) определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты.

Концентрации алифатических углеводородов (н-парафины) в водорослях Белого моря соответствовали уровню содержания насыщенных углеводородов биогенного происхождения. Анализ показал, что в водорослях присутствуют природные алканы.

Сравнивая районы, в которых происходил отбор проб, можно сказать, что наибольшая концентрация н-парафинов в водорослях была

в Палкиной губе – 17,7 мкг/г, а наименьшая – в Сорокской губе – 5,3 мкг/г сухой массы (рис. 1). Выявленные вариации концентраций являются характерными для незагрязненных районов.

При анализе содержания полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) во всех группах исследуемых водорослей наблюдались высокие концентрации флуорантена. Но были и повышенные концентрации бензфлуорантенов и дибензантраценов, что указывает на загрязнение среды продуктами сгорания нефтяного топлива. Наибольшая концентрация ПАУ отмечена в губе Чупа – 44,7 нг/г, а наименьшая – в Унской губе – 26,0 нг/г сухой массы (рис. 2). Данные концентрации также характерны для незагрязненных акваторий.

В водорослях исследованных районов среди хлорорганических пестицидов (ХОП) преобладали ДДТ и его метаболиты с доминированием изомера p'-ДДТ, которое свидетельствует о недавнем попадании хлорорганических пестицидов в среду. Среднее содержание ХОП в водорослях было наибольшим в Унской губе – 12,3 нг/г, а наименьшим – в Сорокской – 6,0 нг/г сухой массы (рис. 3). Данные концентрации ХОП в макрофитах также являются характерными для незагрязненных районов.

Во всех пробах растений количественно преобладали диоксиноподобные конгинеры полихлорбифенилов (ПХБ), что указывает на техногенное загрязнение губ и заливов Белого моря промышленными ПХБ.

Наибольшее среднее содержание ПХБ отмечалось в губе Конюхова (45,0 нг/г сухой массы). В этом районе высокое содержание ПХБ наблюдалось во всех исследуемых макрофитах, но наибольшей их концентрация была в *Palmaria palmata* (263 нг/г). В других районах среднее содержание ПХБ в водорослях варьировало от 5,6 (Сорокская) до 7,5 нг/г (Палкина губа) – рис. 4.

Из металлов во всех исследованных водорослях количественно преобладали железо, цинк, марганец, кобальт, кадмий и ртуть присутствовали в минимальных концентрациях. Макрофиты аккумулировали данные токсиканты в относительно высоких концентрациях, которые представляли собой биометаллы, необходимые для метаболических процессов.

Среди тяжелых металлов средние концентрации меди по губам можно расположить в следующем порядке: 4,3 мкг/г сухой массы (Палкина); 4,1 (Конюхова); 3,9 (Сорокская); 3,7 (Унская); 3,5 (район Кийострова); 2,9 (Чупа); 2,6 мкг/г (Кемская).

Концентрации цинка в водорослях располагались по губам следующим образом: 81,1 мкг/г сухой массы (Кемская); 67,2 (Сорокская); 46,2 (Конюхова); 38,8 (Палкина); 38,3 (район Кийострова); 37,7 (Чупа); 29,8 мкг/г (Унская).

Средние концентрации никеля составили: Палкина губа – 5,2; Конюхова – 4,5; Чупа – 4,4; район Кийострова – 3,8; Кемская губа – 3,5; Сорокская – 3,2; Унская – 1,9 мкг/г сухой массы.

Концентрация хрома в водорослях были следующими: 4,5 мкг/г сухой массы – в Сорокской; 4,4 – в губе Чупа; 3,7 – в районе Кийострова; 3,0 – в Палкиной губе; 2,8 – в Кемской; 2,3 – в губе Конюхова; 1,7 мкг/г – в Унской.

Концентрации марганца: 265,3 мкг/г сухой массы (Сорокская губа); 195,5 (район Кийострова); 134,2 (Кемская губа); 73,2 (губа Конюхова); 56,1 (Унская); 54,3 (Чупа); 42,4 мкг/г (Палкина губа).

Средние концентрации кобальта составили: 6,8 мкг/г сухой массы – в Сорокской губе; 3,7 – в районе Кийострова; 2,8 – в губе Чупа; 2,7 – в губе Конюхова; 2,6 – в Кемской; 2,1 – в Палкиной; 1,9 мкг/г – в Унской губе.



Рис. 1. Среднее содержание n-парафинов в водорослях из различных районов Белого моря

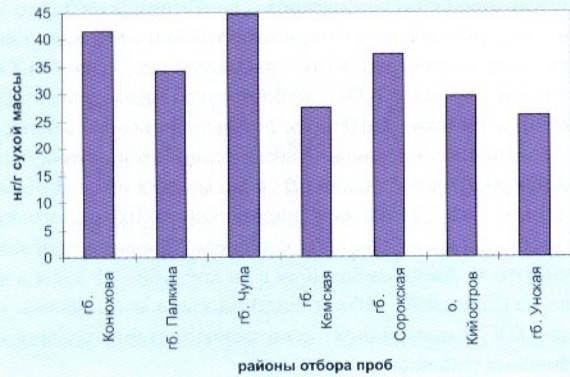


Рис. 2. Среднее содержание ПАУ в водорослях из различных районов Белого моря

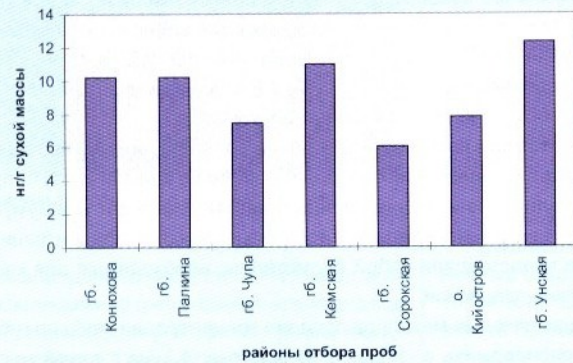


Рис. 3. Среднее содержание ХОП в водорослях из различных районов Белого моря

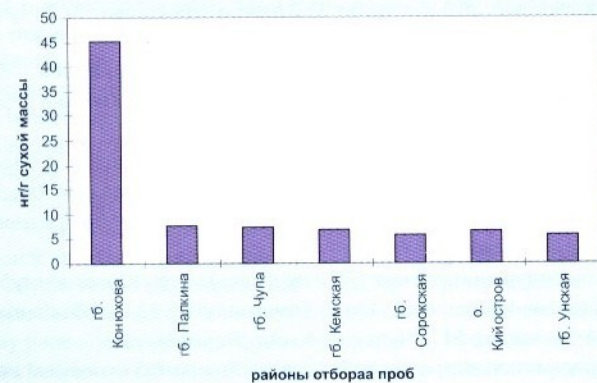


Рис. 4. Среднее содержание ПХБ в водорослях из различных районов Белого моря

Самая высокая концентрация железа (908,1 мкг/г сухой массы) отмечена в Сорокской губе; в Кемской – 411,8; в районе Кийострова – 389; в губе Конюхова – 268,2; в губе Чупа – 252,9; в Палкиной – 230,9; в Унской губе – 105,6 мкг/г.

Средние концентрации свинца составили: 8,4 мкг/г сухой массы (губа Конюхова); 6,8 (район Кийострова); 5,3 (Унская губа); 5,1 (Сорокская); 5,0 (Чупа); 4,9 (Кемская); 4,8 мкг/г (Палкина губа).

Концентрации кадмия: Палкина губа – 1,4 мкг/г сухой массы; Чупа – 1,3; Конюхова – 1,2; Унская – 1,1; Сорокская – 0,9; район Кийострова – 0,8; Кемская губа – 0,7 мкг/г.

Средние концентрации ртути составили: 0,16 мкг/г сухой массы (район Кийострова); по 0,08 (губы Кемская и Палкина); 0,07 (Сорокская); по 0,06 (Унская и Чупа); 0,03 мкг/г (губа Конюхова).

Содержание тяжелых металлов в исследуемых водорослях соответствовали показателям предыдущих лет исследований, за исключением повышенных концентраций цинка в Кемской и Сорокской губах; марганца – в Сорокской, Кемской губах и в районе Кийострова; железа – в Сорокской губе. Как видно из приведенных выше данных, наибольшие концентрации указанных металлов наблюдались в водорослях, произрастающих в губах Сорокская и Кемская, из чего можно сделать заключение о повышенном содержании этих токсикантов в воде. Но вместе с тем, на наш взгляд, концентрации тяжелых металлов в водорослях во всех районах все же были не настолько высокими, чтобы говорить о существенной степени загрязнения морской среды.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Все исследованные водоросли могут быть использованы в качестве видов – индикаторов загрязнения морской среды. Но, учитывая широкое распространение ламинариевых и фукусовых водорослей, простоту определения видового состава и способов отбора проб, а также частое отсутствие в исследуемых районах других водорослей, считаем, что наиболее удобными индикаторами среди макрофитов являются представители рода *Laminaria* и *Fucus*. Сравнивая суммарное содержание токсикантов в водорослях-макрофитах с данными исследований, выполненных в предыдущие годы (Пронина О.А., Белоруков А.М. Изучение сорбционных возможностей беломорских водорослей-макрофитов// Альгология, 1999. Т. 9, № 2, с. 120–121; Пронина О.А., Белоруков А.М. Изучение возможностей беломорских водорослей-макрофитов в качестве индикаторов загрязнения водной среды// Охрана водных биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на шельфе и во внутренних водных объектах Российской Федерации: сборник материалов международного семинара. М., 2000, с. 195), можно сказать, что во всех районах, за исключением высокого содержания ПХБ в губе Конюхова, наблюдались небольшие уровни концентраций n-парафинов, полициклических ароматических углеводородов, пестицидов, полихлорбифенилов и тяжелых металлов, что соответствует незагрязненным акваториям Белого моря.

