УДК 500.4

Л.П.Алексеенко, Т.В.Красникова

НИИ геохимии биосферы Ростовского университета

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТОВ ЦЕМЕССКОЙ БУХТЫ

При эколого-биогеохимическом мониторинге состояния ландшафтов Цемесской бухты изучалось изменение содержаний ряда металлов в наиболее распространенных водорослях. Отбор проб проводился ежегодно весной и летом. Для увеличения достоверности данных обработка информации велась на специально составленной карте аквальных геохимических ландшафтов.

За изучаемый период наибольшая концентрация большинства изучаемых металлов в водорослях отмечалась в 1998 г. Это, вероятнее всего, связано с предыдущим загрязнением бухты, когда еще работали практически все предприятия г.Новороссийска. Минимальные содержания металлов в водорослях характерны для 1999 г. В 2000 г. концентрации металлов начали снова возрастать.

The ecological-biogeochemical monitoring of the Tsemesskaya Bay landscapes' state has been carried out. Alterations of a number of chemical elements concentrations in the most commonly spread algae have been studied. Sampling was performed annually in spring and summer. For better reliability the processing of the data was carried out using a specially drawn map of aqueous geochemical landscapes.

The highest concentrations of the metals under study in algae during the observation period were registered in 1998. This is most likely due to the previous pollution of the Bay when almost all of the industrial enterprises of Novorossiysk were operating. The lowest concentrations of metals in algae were registered in 1999. In 2000 the concentrations of metals began to grow again.

Биогеохимические исследования, проведенные при выполнении проекта, показали, что, используя в качестве своеобразного биогеохимического индикатора определенные водоросли, по изменению концентрации химических элементов в их золе можно говорить об эколого-геохимическом состоянии Цемесской бухты, о его изменениях, а также выделять загрязненные участки аквальных ландшафтов.

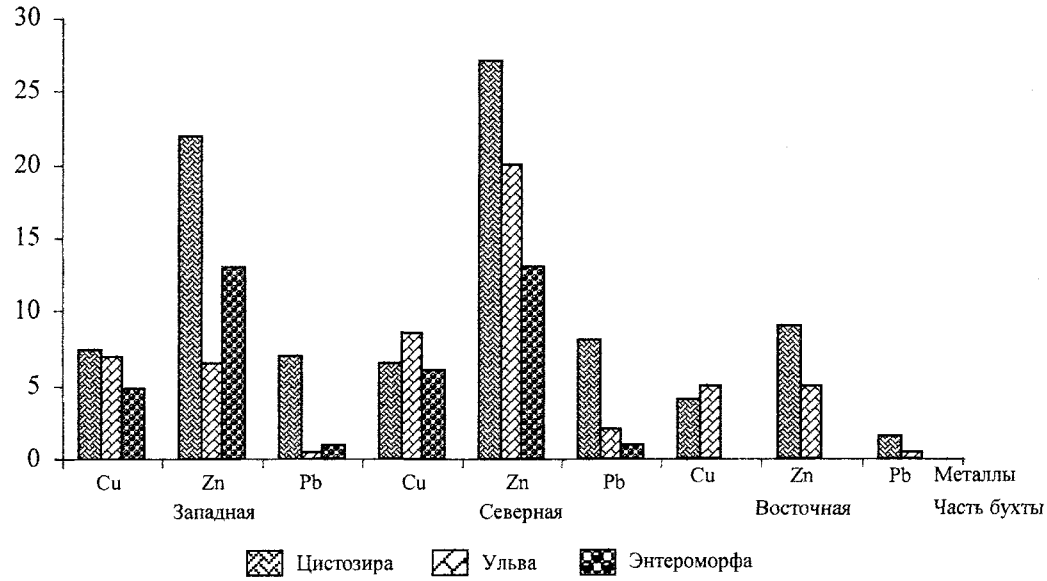
Цемесская бухта – самая большая на Черном море (длина 16 км, ширина в средней части 4,6 км). Ландшафты суши, расположенные на ее берегах, резко отличаются друг от друга по интенсивности антропогенной деятельности. В западной и северной частях бухты располагаются селитебные ландшафты г.Новороссийска, при этом западная часть, в основном, занята спальными районами, а в северной преобладают промышленные предприятия, там же находятся порт и нефтебаза. Восточная часть бухты занята под рекреационную зону (санатории, детские лагеря, курортный поселок Кабардинка) и не несет ярко выраженной техногенной нагрузки.

Для комплексной оценки современного эколого-геохимического состояния Цемесской бухты, а также для прогноза изменений, могущих произойти с ним, было проведено ландшафтно-геохимическое картографирование. Его результатом стала карта аквальных геохимических ландшафтов. Выделенные аквальные ландшафты являются преимущественно биогенными, за исключением северо-западного участка, где располагается порт и где биологический круговорот в геохимических ландшафтах значительно нарушен, что позволяет отнести эту территорию к техногенным.

Исходя из закона ассоциаций химических элементов, образующих крупные техногенные аномалии, для анализа биогеохимических проб золы водорослей были выбраны несколько химических элементов: медь, цинк, свинец, марганец и кобальт. Пробы широко распространенных в пределах бухты бурых (Cystoseira barbata, C.crinita, Padina pavonia), зеленых (Ulva rigida, Enteromorpha intestinalis, E.linza, Cladophora sericea, C.laetevirens) и красных (Gelidium crinale G.latifolium, Ceramium rubrum) водорослей отбирались на глубине от 0,3 до 3 м, так как именно на этих глубинах ландшафты наиболее подвержены воздействию сноса с суши.

В аквальных ландшафтах Цемесской бухты и прибрежья открытого моря чаще всего встречается бурая водоросль цистозира с высокой приспособляемостью к изменениям химического состава воды. Другая бурая водоросль – падина павония – предпочитает чистые воды. Она встречается в основном в прибрежье открытого моря, а в бухте обнаружена только на восточном прибрежье, за пределами города Новороссийска. Зеленые водоросли наблюдаются преимущественно там, где отмечается антропогенная нагрузка, и их можно считать индикатором органического загрязнения. Среди изученных водорослей при высоком загрязнении наибольшее количество Pb, Zn и Co накапливает цистозира, марганца – церамиум и меди – ульва. Среди бурых водорослей, отобранных на чистых территориях, наибольшая концентрация всех рассматриваемых элементов установлена в падине павонии.

Среднее содержание практически всех рассматриваемых металлов (за исключением Mn) в золе водорослей, произрастающих в пределах Цемесской бухты, выше, чем в остальных рассматриваемых районах за ее пределами. Это связано с большей техногенной нагрузкой на прилегающие к Цемес-



Среднее содержание металлов в золе водорослей, отобранных в разных частях

ской бухте ландшафты суши, а также с более замедленной циркуляцией воды в бухте по сравнению с открытым морем.

В пределах самой Цемесской бухты условия загрязнения морской акватории неодинаковы. Энтероморфа, являющаяся полисапробом, в восточной части бухты практически не встречается. Но присутствует падина – олигосапроб, произрастающая в относительно чистых водах. Это позволяет считать, что в восточной части бухты техногенное загрязнение ниже, чем в северной и западной. Количественные исследования подтверждают это. Согласно анализу золы водорослей, можно утверждать, что в западной и северной частях бухты, в зоне влияния сноса с селитебных ландшафтов города и морского порта, накопление химических элементов (Cu, Zn, Pb, Mn) в золе водорослей (цистозиры, ульвы) больше, чем в восточной части бухты (см. рисунок). Содержание в золе водорослей практически всех рассмотренных элементов выше в пробах техногенных ландшафтов северного прибрежья бухты по сравнению с биогенными аквальными ландшафтами западного и восточного.

Отмечено, что в разных частях бухты водоросли накапливают, главным образом, определенные элементы, 10^{-3} %:

Элемент	Cu	Zn	Pb	Mn	Co
Цистозира	–	22,8	7,7	–	–
Ульва	8,5	19,8	2,11	81	–
Энтероморфа	5,83	13,3	1,32	63,3	0,2

На востоке бухты практически все рассматриваемые металлы накапливаются менее интенсивно. Для сравнения, цистозира в западной и восточной частях бухты накапливает соответственно, $n \cdot 10^{-3}$ %: Cu 5,8 и 3,9; Zn 17 и 9,3; Pb 5,2 и 1,7; Mn 66,6 и 38,1; Co 0,3 и 0,2.

Сравнение концентраций элементов в золе водорослей, отобранных в 1998, 1999 и 2000 гг., позволило сделать заключение об изменении динамики накопления элементов во времени и увязать эти изменения с загрязнением бухты. Прежде всего, следует сказать о снижении концентраций Cu, Pb и Co во всех видах водорослей в 1999 г. по сравнению с 1998 г. Так, например, содержание Cu в золе кладофоры уменьшилось в 2,6 раза, в золе цистозиры в 3,5 раза, в золе энтероморфы в 3,8; в золе ульвы в 5,7 раза. Содержание Pb уменьшилось почти в 4 раза. Отметим, что в регионе наиболее опасными загрязняющими веществами, получившими довольно широкое площадное развитие в почвах, как раз и являются эти два металла. Уменьшение их концентрации во всех рас-

смотренных водорослях, вероятнее всего, связано с общим упадком производства, вызывающего загрязнение бухты. Содержание Mn в золе одних водорослей увеличилось, в других – уменьшилось.

В 2000 г. опробовались, в основном, цистозира и ульва. Содержание в золе этих водорослей значительной части рассматриваемых химических элементов, по сравнению с 1999 г., возросло, хотя в большинстве случаев и не достигло значений, характеризующих концентрацию тех же элементов в тех же водорослях в 1998 г. Так, в золе цистозиры в 2000 г. увеличилось содержание Cu, Pb, Co, в золе ульвы – Cu, Pb. Это увеличение относительно небольшое, не более чем в 2 раза.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают возможность биогеохимического мониторинга в прибрежных частях аквальных ландшафтов. Сравнительно небольшая биогеохимическая инертность опробуемых водорослей позволяет отмечать изменения, происходящие, по крайней мере, в течение года.