УДК 574:579.83/.88(262.5)

С. И. РУБЦОВА

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ К НЕФТЯНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

В работе определены типы берегов Севастопольского региона, проведено ранжирование и оценка их чувствительности к нефтяному загрязнению, построена карта чувствительности берегов.
Ключевые слова: индекс экологической чувствительности, нефтяное загрязнение, Черное море

В современной литературе разработано несколько систем классификации морской береговой линии в зависимости от степени чувствительности берегов к нефтяному загрязнению [2, 5, 9, 10]. Для оценки степени негативного воздействия нефтепродуктов на береговую зону использовалась система индексов ESI (Environmental Sensitivity Index), впервые предложенная американскими специалистами в 1976 г. [8]. Индекс ESI — индекс экологической чувствительности — это базовая интегральная оценка восприимчивости побережья к нефтяному загрязнению. В основе ранжирования лежит качественная и количественная характеристика побережья, т.е. связь между строением, структурой берега и физическими процессами, происходящими при попадании нефти на берег.

По данным многочисленных наблюдений, при переходе от открытых скалистых берегов к смешанным песчано-гравийным и галечным пляжам, илистым отмелям и низменным берегам устойчивость нефти, способность ее накапливаться и, следовательно, оказывать вредное воздействие на биоту будут резко возрастать. Это проиллюстрировано в табл. 1, где приведена классификация морской береговой линии, построенная по критериям ее чувствительности к потенциальному нефтяному загрязнению с учетом морфологии и литодинамики берегов, гранулометрического состава осадочного материала и гидродинамики прибрежной зоны [2, 6].

Таблица 1. Классификация типов береговой линии в порядке нарастания степени экологической опасности при разливах нефти [2, 6]
Table 1. Classification of coast in order of growth of degree of ecological danger at the overflows of oil [2, 6]

Индекс экологической чувствительности	Характеристика и тип береговой линии	Характеристика процессов
1	Открытые скалистые берега	Волновой откат ограничивает вынос нефти на берег. Очистки береговой линии не требуется
2	Открытые плоские каменистые берега и платформы	За счет волнового смыва и других природных процессов нефть удаляется в течение нескольких недель
3	Мелкопесчаные пляжи	Нефть обычно не проникает глубоко в песок, сохраняется в течение месяца и может быть удалена механическими способами
4	Крупнопесчаные пляжи	Нефть быстро аккумулируется в осадках, что затрудняет очистные работы. При благоприятных погодных условиях нефтяное загрязнение на поверхности осадков исчезает в течение нескольких месяцев
5	Открытые плотные отмели в литорали	Основная часть нефти не задерживается на плотной отмели. Очистки обычно не требуется

© С. И. Рубцова, 2009

Продолж табл. 1

Индекс экологической чувствительности	Характеристика и тип береговой линии	Характеристика процессов
6	Смешанные пляжи (песок, гравий)	Нефть быстро проникает в отложения и может сохраняться годами
7	Галечно-гравийные пляжи	Нефть быстро проникает в отложения и может сохраняться годами. При сильном загрязнении могут возникать асфальтовые покрытия
8	Защищенные скалистые берега (бухты, заливы)	Из-за слабой волновой активности нефть может сохраняться годами. Очистка не рекомендуется, за исключением случаев очень сильного загрязнения
9	Защищенные литоральные отмели (бухты, заливы, лагуны)	Районы низкой волновой активности и высокой биопродуктивности. Нефть может сохраняться годами. Очистка не требуется, за исключением случаев очень сильного загрязнения. Следует предусмотреть приоритетную защиту с помощью боновых ограждений или сорбентных материалов
10	Низменные заболоченные морские берега, засоленные марши, мангры	Наиболее биопродуктивные районы. Нефть может сохраняться в течение многих лет. Очистку маршей (вырубка, сжигание нефти) следует проводить только в случаях очень сильного загрязнения

Приведенная в табл. 1 классификация береговой линии и система индексов экологической чувствительности берегов используется в ряде стран, например, в США [5], Японии [9], России [2, 4], Новой Зеландии [11], в качестве основы для составления карт экологической чувствительности морского побережья к нефтяному загрязнению, а также для планирования мер реагирования на нефтяные разливы. Этот подход получил международное признание и рекомендован для практического использования в рамках национальных и региональных программ готовности к нефтяным разливам [7].

Прибрежная зона Севастопольского региона активно используется в хозяйственной деятельности и может быть объектом потенциального загрязнения, как со стороны суши, так и со стороны моря. При аварийных разливах нефти в море, именно береговая зона наиболее подвержена нефтяному загрязнению. При этом тип берега, его геоморфологические характеристики являются основополагающими при определении чувствительности побережий к нефтяному загрязнению.

Целью настоящей работы явилось определение типов берегов Севастопольского региона, ранжирование и оценка их чувствительности к нефтяному загрязнению, построение карты чувствительности берегов.

Бухты Севастополя своеобразны: на открытых берегах почти нет наносов, за исключением некоторых бухт, таких как Круглая, Казачья и др. (рис. 1), где имеются аккумулятивные формы. В районе Севастополя мало пляжей, так как известняковый щебень истирается в зоне прибоя и уносится течением на большие глубины. Только в вершинах бухт имеются аккумулятивные формы в виде песчаного материала из мелкой ракуши. Большая часть дна бухт имеет каменистый грунт, практически без наносов.

Прибрежные наносы и донные осадки береговой зоны служат показателем состояния акватории, вследствие этого они выступают в качестве одной из основных составных частей системы мониторинга. Физико-химические показатели донных осадков и прибрежных наносов отражают степень их загрязненности, потенциальную возможность противостоять загрязнению. Хлороформэкстрагируемые вещества, или хлороформный битумоид, - органическое вещество, связанное с тонкими илистыми частица-

ми, и привносимое с загрязнением, накапливается в бухтах повсеместно, как показано на рис. 2.

Рисунок 1. Карта-схема Севастопольских бухт
Picture 1. Map-scheme of the Sevastopol bays

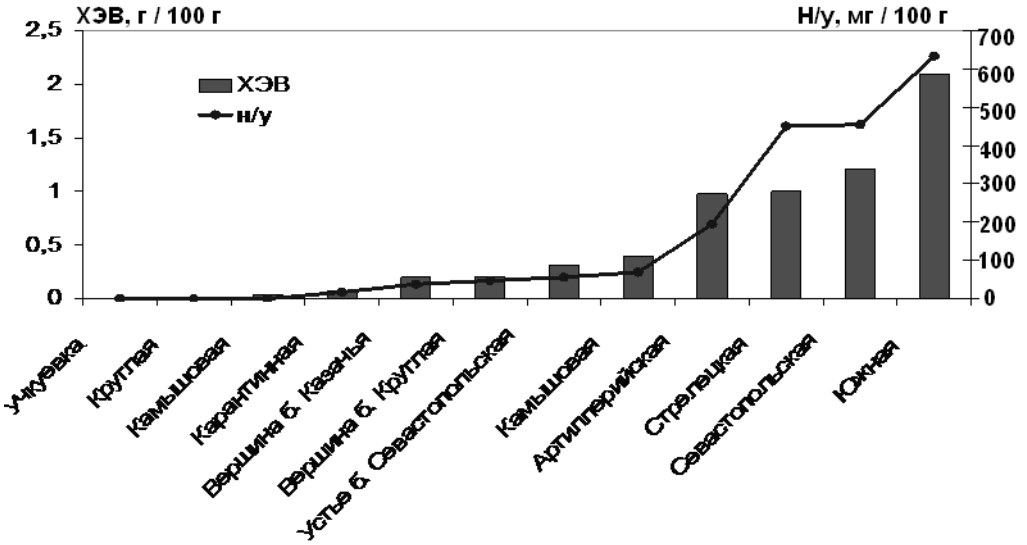

Рисунок 2. Содержание нефтяных углеводородов (н/у) и хлороформного битумоида (ХЭВ) в донных осадках Севастопольских бухт [1, 3]
Picture 2. The oil hydrocarbons (н/у) and chloroform bitumoid (ХЭВ) is in the bottom sediments of the Sevastopol bays [1, 3]

Большинство илов содержит значительное количество хлороформного битумоида, что на два – три порядка превышает его количество в натуральных морских осадках [1, 3]. Особенно выделяются илы бухт Южная, Севастопольская и Стрелецкая (1,00 – 2,10 г /100 г сух. осадка). В илах бухт Карантинная и Камышовая концентрация битумоида снижается до 0,07 г /100 г сух. осадка; невелико его содержание в песках и ракушняках Учкуевки и бухты Казачья (0,004 – 0,20 г /100 г сух. осадка). В илах бухты Круглая наблюдается накопление битумоида (0,52 против 0,01 – 0,02 г /100 г сух. осадка в песках) [1, 3].

Поскольку наличие битумоида в таком количестве служит признаком загрязнения донных осадков, то большинство исследованных илов следует отнести к донным осадкам III - V степени загрязнения нефтепродуктами [1].

Загрязненность подчеркивается имеющимися в донных осадках нефтяными углеводородами: их максимальная величина достигала 1708 мг /100 г сух. осадка, средняя – 634 мг /100 г сух. осадка. Распределяются углеводороды в том же порядке, что и хлороформный битумоид. Средние величины хлороформэкстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов, подсчитанные по акваториям, дают основание расположить бухты по степени загрязнения в ряду: бухты Южная, Севастопольская, Стрелецкая, Артиллерийская, вершина бухты Круглая, бухты Камышовая, Карантинная, Казачья. Пески бухты Круглая, района Учкуевки, устья Севастопольской бухты и ракушняки бухты Казачья практически не загрязнены [1, 3].

На основе международной классификации ESI нами произведено районирование береговой зоны Севастопольского региона и построена карта чувствительности берегов к воздействию нефти (рис. 3).

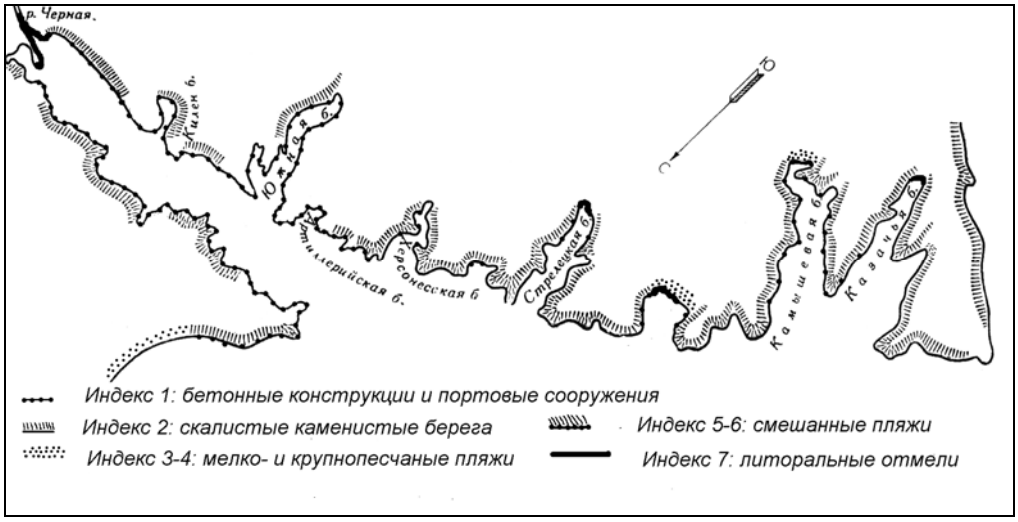

Рисунок 3. Карта-схема чувствительности берегов Севастопольского побережья к воздействию нефти
Picture 3. Map-scheme of sensitiveness of Sevastopol coast to influence of oil

Используя сочетание перечисленных параметров, каждому участку побережья присваивается базовый индекс чувствительности ESI к нефтяному загрязнению, который варьирует от 1 до 10, где 10 – самые уязвимые участки береговой зоны: индекс 1 - бетонные конструкции и портовые сооружения; 2 - скалистые и каменистые берега; 3 - мелкопесчаные пляжи; 4 - крупнопесчаные пляжи; 5 - песчано-галечные пляжи; 6 - смешанные пляжи (песок, гравий); 7 - литоральные отмели; 8 - плоские гравийно-песчаные пляжи с крупными валами водорослей и трав; 9 - защищенный осыхающий берег; 10 - зарастающие, заболоченные земли.

Цифры на шкале ESI не представляют собой фактической чувствительности, выраженной количественно; например, ESI 5 не означает пятикратного увеличения по сравнению с ESI 1. Индекс ESI является удобным способом суммирования информации, обозначая уязвимые в экологическом отношении зоны. Например, открытый скалистый берег, классифицированный как ESI 1 (низкая уязвимость), в состоянии поддерживать пребывание на этом участке морских птиц, но может дать высокую уязвимость в период

их размножения. Песчаный берег, классифицированный как ESI 3 (относительно низкая уязвимость) в определенный период года может иметь значение для организмов, обитающих на поверхности грунта,.

Предварительные результаты, полученные нами в процессе работы при анализе аэрофотоснимков и собственных данных (рис. 3), показывают, что берега Севастопольского рейда в основном бетонные, каменистые, чередующиеся со смешанными пляжами, что соответствует индексам 1, 2 и 6 соответственно. Кутовая часть Севастопольской бухты, в месте впадения реки Черная, имеет индекс чувствительности 7. К такому же индексу мы отнесли кутовую часть бухты Круглая и Камышовая.

В поселке Андреевка берега обрывистые, пяж песчано-гравийный, с бетонными волноломами. Протяженность береговой линии около 5 км. По классификации чувствительности берегов к нефтяному загрязнению, эта зона относится к индексу 6.

В поселке Кача пляж песчано-галечный, песчано-гравийный, песчаный. Протяженность береговой линии около 5 км (индекс 5). Пляжи в Орловке и Любимовке песчано-галечные, песчаные, море открытое. Протяженность береговой линии около 3 и 5 км соответственно (индекс 5).

Пляж в Учкуевке песчаный, протяженность около 3 км (индекс 4). В районе Радиогорки пляжи галечные (индекс – 5). Небольшой пляж в бухте Матюшенко находится на берегу Севастопольской бухты. Пляж дикий, песок и большие камни, дно мелкое и каменистое (индекс – 5). Пляж на мысу «Хрустальный» бетонный (индекс – 1). Пляжи Херсонесского заповедника в основном каменистые, с крупной и средней галькой, песком и ракушей (индексы – 2, 6).

Пляжи в районе бухты Стрелецкая песчаные, с мелкой и средней галькой (индекс 4). Пляж «Парк Победы» расположен между бухтами Стрелецкая и Круглая на открытом побережье. Берег пляжа – средняя галька, в воде есть камни. Территория пляжа поделена бунами на 4 участка. По обеим сторонам оборудованного пляжа - дикие каменистые пляжи (индекс 5).

Пляж «Омега» расположен на западном берегу бухты Круглая (Омега). Тип - песок, галька. Протяженность 700 м, индекс чувствительности – 3, 4, в кутовой части 7. Пляж на мысе Песчаный расположен за пляжем Омега. Тип – галька, камни (индекс 2, 3). Пляжи в бухте Казачья и на мысе Фиолент протяженные, скалистые, каменистые, галечные со скально-глыбовыми развалами (индекс 2, 5). Пляжи в Балаклавской бухте бетонные, галечные (индекс 1, 5). Пляжи в Васильевой балке, «Серебряный» и «Золотой» каменистые, галечные (индекс 2).

О распределении типов береговой линии Севастопольского региона можно судить по данным табл. 2.

Таблица 2. Протяженность береговой линии разных типов Севастопольского региона
Table 2. Extent of different coast of the Sevastopol region

Тип берега	Протяженность, км	Индекс экологической чувствительности
Бетонные конструкции и портовые сооружения	19 (13 %)	1
Скалистые и каменистые берега	37 (25 %)	2
Мелко и крупнопесчаные пляжи	16 (10 %)	3-4
Смешанные каменистые песчано-галечные, гравийные берега	61 (41 %)	5-6
Литоральные отмели	17 (11 %)	7

Заключение. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что берега на большей части Севастопольского побережья (41 %) имеют достаточно высокий по международной шкале ESI индекс чувствительности – 5 и 6. Берега с индексами 1 и 2 в сумме составляют около 38 % общей протяженности береговой линии. На долю берегов с индексами 3,4 приходится 10 % берегов, с индексом – 7 – 11 %. Таким образом, в Севастопольском регионе доминируют два типа берегов с прямо противоположной способностью к самоочищению от нефти. Это – берега с индексами 1 и 2, где в случае разливов нефти за счет волнового смыва и других природных процессов нефть удаляется в течение нескольких недель, и берега с индексами 5, 6, где нефть быстро проникает в отложения и может сохраняться в них годами. Однако цифры на шкале ESI не представляют собой фактической чувствительности, выраженной количественно; например, ESI 3 не означает трехкратного увеличения по сравнению с ESI 1. Индекс ESI является удобным способом суммирования информации, обозначая уязвимые в экологическом отношении зоны.

1. *Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алемов С.В.* Санитарно-биологические аспекты экологии Севастопольских бухт в XX веке. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 185 с.
2. *Патин С.А.* Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 508 с.
3. *Рубцова С. И.* Микробиологическая и химическая характеристика донных осадков Севастопольских бухт // Материалы III научной конференции Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экообразование. Ч. II. Зоология беспозвоночных. Зоология позвоночных. Экология. – Симферополь: КРА «Экология и мир», 2005. – С. 217 – 222
4. *Шавыкин А.А, Калинка О.П. Сапрыгин В.В., Зырянов С.В.* Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря к нефтяному загрязнению // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – 3. – С. 13 – 22.
5. *Baker J. M., Clark R. B., Kingston P. F., Jenkins R. H.* Natural recovery of cold water marine environment after on oil spill. – Presented at the Thirteenth Annual Arctic and Marine Oil Spill Program Technical Seminar, June 1990. – 1990. – 111 p.
6. *Gundlanch E. R., Hayes M.O.* Vulnerability of coastal environment to oil spill impacts // Marine Technology Society Journal. – 1978. – 12. – P. 18 – 27
7. *IMO/IPIECA* Sensitivity mapping for oil spill response. – London: IPIECA, 1996. – 21 p.
8. *Jacqueline M., Halls J., Zengel S.* Environmental Sensitivity Index Guidelines. Seattle, Washington: NOAA, 1995
9. *Masaki S., Gell D., Dauterman A.* Development of environmental sensitivity index maps in Japan // Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference. – Washington, D. C.: API, 2001. – P. 775 – 782.
10. *NAS* (National Academy of Sciences). Oil in the sea III: Inputs, fates, and effects. National Research Council. – Washington, D. C.: The National Academies Press, 2003. – 265 p.
11. *Stevens L., Roberts J., Hume D.* Incorporating consequence analysis into oil spill risk assessment in New Zealand // Proceedings of the 2005 International Oil Spill Conference. – Washington, D.C. – API, 2005. – 5 p.

Институт биологии южных морей НАН Украины,
г. Севастополь

Получено 28.07.2009

С. І. Р У Б Ц О В А

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЧУТЛИВОСТІ СЕВАСТОПОЛЬСЬКОГО ПОБЕРЕЖЖЯ ДО НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Резюме

У роботі визначені типи берегів Севастопольського регіону, проведено ранжирування і оцінка їх чутливості до нафтового забруднення, зроблена карта чутливості берегів.

Ключові слова: індекс екологічної чутливості, нафтове забруднення, Чорне море

S. I. RUBTSOVA

ESTIMATION OF ECOLOGICAL SENSITIVENESS OF SEVASTOPOL COAST TO OIL POLLUTION

Summary

There are the types of coasts of the Sevastopol region, ranging and estimation of their sensitiveness to oil pollution, the map of sensitiveness of coast.

Keywords: index of ecological sensitiveness, oil pollution, Black Sea

ЗАМЕТКА

Микроорганизмы необычной гантелевидной формы из морских донных отложений, загрязнённых соединениями восстановленной серы. [Мікроорганізми незвичайної гантеліобразної форми, які знайдено у морських донних нашаруваннях, забруднених відновленими сполуками сірки. Unusual morphology microorganisms from marine bottom sediments containing reduce sulfur compounds.] В 2007 – 2009 гг. в Керченском проливе (г. Керчь) проводили поиск, исследование и детоксикацию затопленного в начале 40-х годов XX в. химического оружия. В местах захоронений донные отложения загрязнены гидролизованными остатками смесей сернистого иприта и льюизита. На таких участках содержание ΣS 3 – 6%, соленость придонной воды 8 – 9‰, в 4 – 6 раз повышено содержание Cr, Ba, Sb, Mo и редкоземельных микроэлементов La, Se, Th по сравнению с причерноморским районом Керченского пролива. Первые находки гантелевидных клеток бледно-зеленого цвета и неясной систематической принадлежности сделаны на среде Ван-Ниля, содержащей 0,1% сульфидов. Время инкубации среды при рассеянном солнечном освещении – до 3 – 5 мес. Для роста микроорганизмов наиболее благоприятный период с апреля по июнь, фотосинтезирующие клетки предпочтительно развивались на дне пробирки. Микроскопирование прижизненных препаратов при x600 – 1500 показало, что они делятся в различных плоскостях и образуют скопления, имеющие общий центр. Встречались как одиночные клетки, так и ассоциации с диатомовыми, зелеными микроводорослями и цианобактериями. Длина клеток 19,3 – 22,5 мкм, ширина от 4,4 до 8,0 мкм, ширина перетяжки 2,3 – 2,8 мкм. Вокруг каждой клетки наблюдалась тонкая прозрачная оболочка. Ассоциации гантелевидных клеток способны развиваться как на жидких средах Ван-Ниля и Громова, так и на плотной среде Громова в микроаэрофильных условиях. При развитии на плотной среде Громова морфология клеток изменялась, они расширялись в поясковой и торцевой частях, принимая форму «банта». Нами проводится изучение полного спектра морфологических признаков, хлорофиллов и пигментов у найденных клеток, что необходимо для их таксономической идентификации. Однако при рассеве ассоциаций водорослей, содержащих гантелевидные клетки, на плотную среду Ван-Ниля монокультуру получить не удается, что затрудняет дальнейшие исследования. Тем не менее, учитывая способность клеток к росту на определенных средах в присутствии соединений серы и характер окраски клеток, можно предположить, что данные микроорганизмы принадлежат к Cyanophyta и могут быть реликтовыми формами. Розанов Ю.А. сообщает о находках фоссифализированных древних микроорганизмов, размеры и форма которых имеет большое сходство с найденными нами клетками. В.Н. Сергеев в своих работах отметил факт присутствия в докембрийских отложениях, одновременно с общеизвестными формами цианобактерий, морфологически сложных микроостатков звездчатой, гантелевидной и зонтиковидной форм. Коллекция гантелевидных организмов хранится в НИЦ «Государственный океанариум». Авторы выражают благодарность д.б.н. Рябушко Л.И. за консультацию и помощь при определении размеров клеток. **Л. Л Смирнова**, **Н. А. Андреева** (Научно-исследовательский центр ВСУ «Государственный океанариум», Севастополь, Украина).

© Л. Л Смирнова, Н. А. Андреева, 2009