

УДК 504.064.2

ВТОРИЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

© 2013 А.А. Лебедев, В.В. Андрианов, Н.В. Неверова, Л.Р. Лукин

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск

Поступила редакцию 24.04.2013

По результатам комплексных исследований в 2005-2006 гг. и в 2011-2012 гг. в районе, подверженном влиянию аварийного разлива мазута в сентябре 2003 г., рассматривается процесс естественного самоочищения вод прибрежной зоны от нефтепродуктов. Показано, что захороненные на дне тяжелые фракции мазута в виде песчано-мазутных агрегаций являются вторичным источником загрязнения вод нефтепродуктами.

Ключевые слова: Белое море, Онежский залив, нефтяное загрязнение, приливная изменчивость

1 сентября 2003 г. в южной части Онежского залива Белого моря в результате аварии при швартовке двух танкеров на рейдовом погрузочном комплексе «Осинки» в условиях штормовой погоды произошел разлив нефтепродуктов. По данным Архангельской специализированной морской инспекции МПР РФ в море вылилось более 50 тонн топочного мазута марки М-100. В течение первых суток мазут был выброшен на берега архипелага островов Осинки и большая его часть была разнесена в северо-восточную и юго-восточную части залива. Часть водонефтяной смеси дрейфовала в сторону Соловецких островов и западного побережья Онежского полуострова. В результате аварии наиболее загрязнённой оказалась акватория в районе островов Осинки, Пурлуда и прибрежной части Онежского полуострова в районе д. Лямцы и д. Пурнема протяжённостью более 40 км. Выброс мазута на берег был зафиксирован в районе деревень Тамица и Ворзогоры, а также на берегах о. Кий [1]. Исследованию последствий этой аварии и посвящена настоящая работа.

Материал и методы. В июле 2005 г. было проведено обследование берегов архипелага Осинки, островов Пурлуда, Шоглы, Няпа, которое показало, что мазут оставался на прибрежных камнях, а на мелководье этот мазут был в

виде отдельных вязких песчано-мазутных агрегатов (ПМА) различной величины, полузамытых песком. Кроме этого, были отобраны пробы грунта и воды из придонного горизонта в южной части Онежского залива для определения общего содержания нефтяных углеводородов (НУВ). С учётом того, что Онежский залив, как и всё Белое море, находится под сильным влиянием приливо-отливных явлений, летом 2006 г. в течение месяца (с 21 июня по 21 июля) 4 раза нами проводились полусуточные наблюдения за приливной изменчивостью содержания углеводородов (УВ) в воде придонного горизонта. Пробы воды отбирались с дискретностью 3 часа. В летние сезоны 2011-2012 гг. после длительного перерыва были проведены комплексные экспедиционные работы по исследованию динамики самоочищения прибрежной акватории у мыса Глубокий в Онежском заливе. Обследовались прибрежная акватория и пляжевая зона берега Онежского полуострова от мыса Вейнаволок на востоке до мыса Лиственный на западе. Изучение процессов миграции и трансформации нефтяных загрязнений сопровождалось изучением гидрологического режима района. В 2012 году помимо определения уровня загрязнения вод проводилось измерение температуры воды, солёности, мутности, скорости и направления течения с помощью гидрологического зонда Seaguard RCM SW с моторной лодки стоящей на якоре (рис. 1). Содержание УВ в грунте и воде на разовых станциях определяли методом ИКС [5, 6]. При определении концентраций углеводородов на полусуточной станции использовался флуорометрический метод определения углеводородов в воде [7].

Лебедев Андрей Анатольевич, научный сотрудник. E-mail: laaws@yandex.ru

Андрианов Виктор Владимирович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: vvandrianov@yandex.ru

Неверова Наталья Валерьевна, научный сотрудник. E-mail: nevnata@yandex.ru

Лукин Леонид Романович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник. E-mail: lrlukin@mail.ru

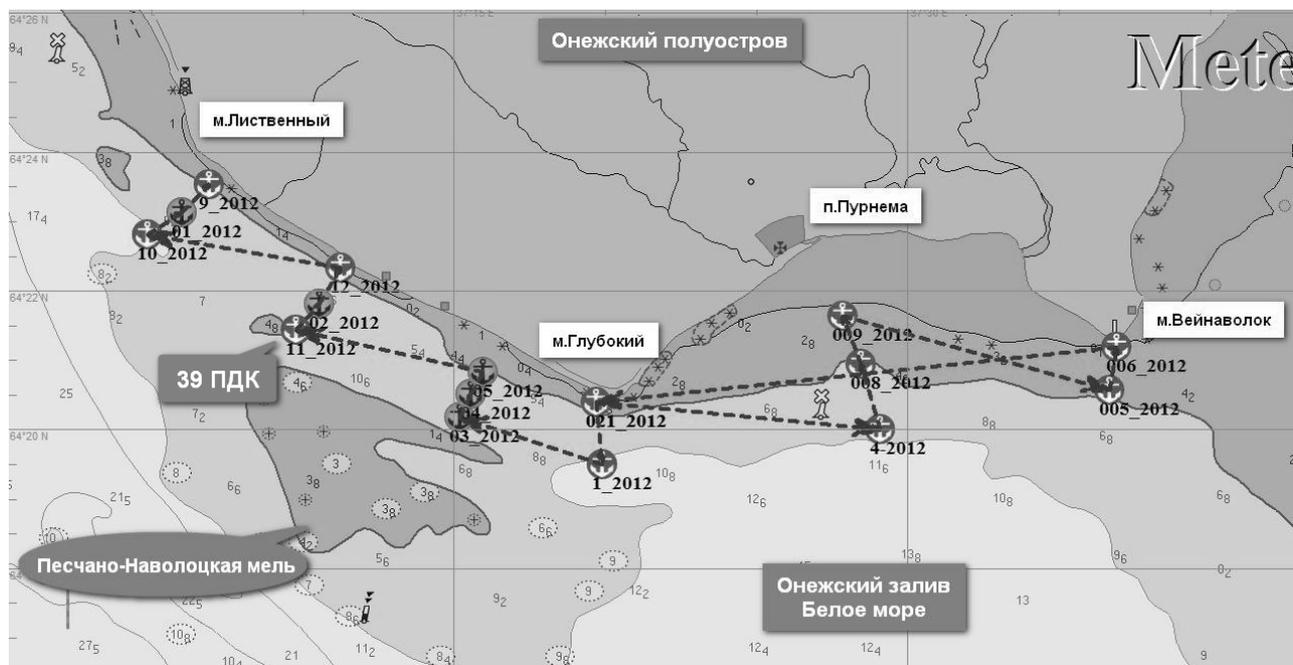


Рис. 1. Маршрут, точки отбора проб воды для определения концентраций УВ и вертикального зондирования воды у мыса Глубокий, Онежский залив, Белое море в 2011-2012 гг.

Результаты и обсуждение. Летом 2005 г. в придонном горизонте воды на акватории южной части Онежского залива были обнаружены повышенные концентрации НУВ. При этом наибольшие концентрации НУВ были зафиксированы у архипелага островов Осинки ($0,68 \text{ мг/дм}^3$), где находился эпицентр аварийного разлива мазута, а также у мыса Глубокий ($0,66 \text{ мг/дм}^3$) [2, 3]. Результаты выполненной в конце июня 2011 г. полигонной съёмки в прибрежной полосе юго-восточной части Онежского залива до изобаты 10 м показали снижение уровня концентрации УВ в водах прибрежной зоны в 2-3 раза по сравнению с уровнем 2005 г. ($0,25\text{-}0,3 \text{ мг/дм}^3$ против $0,6\text{-}0,7 \text{ мг/дм}^3$). На участках, удалённых от берега, в 2011 г. концентрации УВ оказались более высокими и даже сопоставимыми с уровнем 2005 г., достигая $0,3\text{-}0,4 \text{ мг/дм}^3$ [4].

Вместе с заметным снижением содержания УВ в воде были отмечены выброшенные прибоем в зону литорали ПМА с линейным размером в 2011 г. до 10 см и весом от 6 до 377 гр. Такие смоляные комки имели консистенцию от твёрдой до мягкой (пачкающейся). По информации, полученной от местных жителей, они находили на берегу и значительно более крупные ПМА. Выброс их на берег происходил при свежих ветрах западной четверти и волнении моря этого же направления 3 балла и более. На рис. 2 приведена схема выброса ПМА на литораль в сезоны 2011-2012 гг. и фотографии некоторых обнаруженных нами кусков агрегированного мазута. В целом 2011 г. характеризовался

повышенной штормовой активностью. Так, в ноябре во время сильного шторма, сопровождавшегося нагонными явлениями, были подмыты берега и нанесён ущерб береговым постройкам в некоторых населённых пунктах Онежского залива. Летом 2012 г. нами были отмечены изменения литорали и пляжевого склона у мыса Глубокий. Концентрации УВ в придонном слое воды на прибрежном полигоне по сравнению с 2011 г. значительно снизились. В воде только на двух станциях (St_4_2012 и St_005_2012) приглубого района восточной части исследуемой акватории отмечены концентрации УВ, превышающие 1 ПДК. Однако в западной части акватории в точке, находящейся у северо-восточного края Песчано-Наволоцкой мели, зафиксированы концентрации в 39 ПДК. Количество дней со штормовой погодой оставалось довольно высоким, при этом увеличился размер выбрасываемых ПМА. В июне 2012 г. в месте работ был обнаружен ПМА весом около 2 кг.

Важной особенностью акватории, прилегающей к юго-западному берегу Онежского полуострова, является наличие к западу от м. Глубокий Песчано-Наволоцкой мели с глубинами менее 10 м, которая представляет собой обширное мелководье, расположенное между мысами Лиственный и Глубокий. Ширина мели около 5 миль. Наименьшая глубина на мели 1,6 м находится в 2,5 мили к западу-юго-западу от м. Глубокий. Между берегом и мелью пролегает жёлоб с глубинами более 10 м [8]. Такое мелководье, расположенное на пути дрейфовавшего пятна, в условиях штормового моря выполнило роль

ловушки для мазута. Волнение моря, усиливающееся на мелководье и достающее дна, перемещало дрейфующие вязкие нефтепродукты с песком. В результате чего образовались ПМА, опустившиеся на дно. Под воздействием волнения и течений произошло захоронение мазута под слоем песка на мелководье. При разложении, химическом выветривании и вымывании

мазута из ПМА вязкость таких конгломератов снижается, становится возможным отрыв кусков от их краёв под воздействием волнения и течений и вынос их на побережье. В прибрежной полосе в результате механического воздействия волн и дальнейшей деструкции мазута под влиянием различных факторов ПМА распадаются и отмечаются в виде полос чёрного песка.

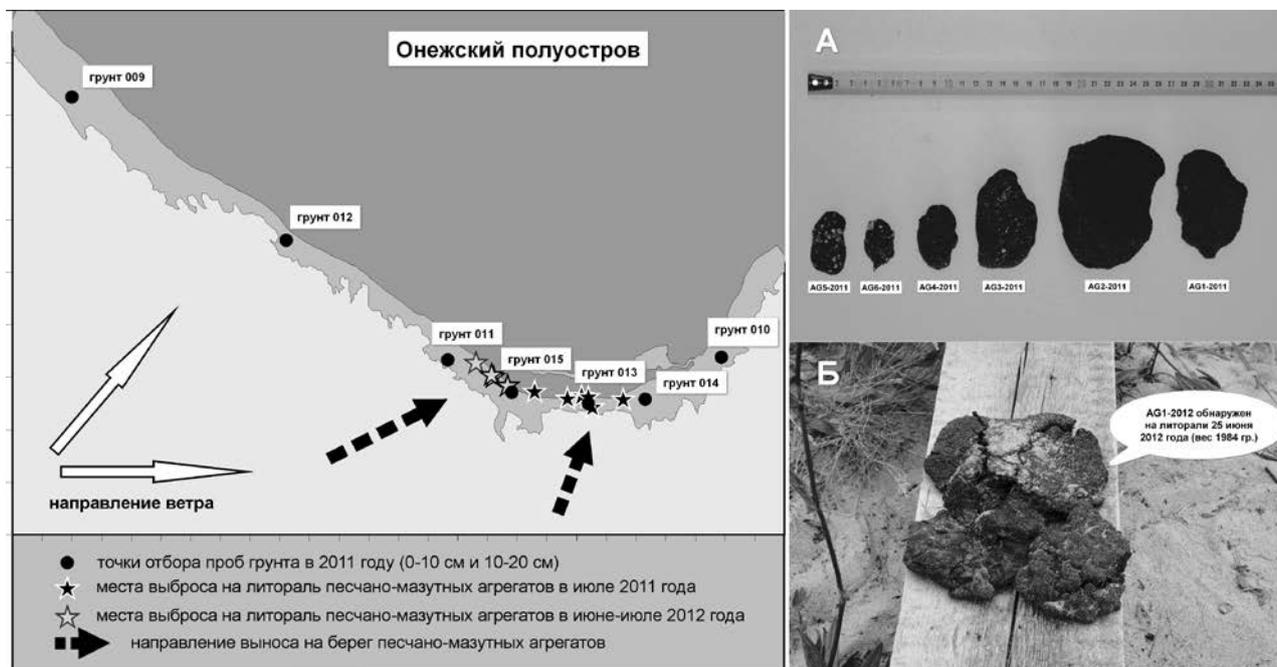


Рис. 2. Схема отбора проб грунта на литорали, места выброса ПМА и собранные ПМА в июне-июле 2011 (А) и 2012 (Б) гг., мыс Глубокий, Онежский залив, Белое море

Полусуточные наблюдения за приливной изменчивостью концентрации УВ в воде на придонном горизонте, проведенные в июле 2006 г., позволили выявить, что в этот период прослеживалась явная связь содержания УВ в придонном слое воды с фазой прилива. Характер временной изменчивости содержания УВ в воде имел сложный и неоднозначный вид. Отмечались как значительные концентрации УВ в воде (до 15 ПДК), так и чистые воды с концентрациями менее 1 ПДК. В разные дни отмечались максимумы концентраций УВ в различные фазы приливного цикла. Однако максимальные концентрации УВ за время наблюдений 2006 г. отмечались со сдвигом во времени около 3 часов после наступления полной воды. Сложный характер приливной изменчивости и высокие концентрации УВ в воде сезона 2006 г. указывают на присутствие множественных очагов вторичного загрязнения, находящихся на дне.

Проведенные в 2012 г. измерения гидрологических характеристик на полусуточной станции с ежечасным отбором проб воды на содержание УВ подтвердили наличие приливной изменчивости концентрации растворенных УВ (рис. 3, А). При этом полученные данные о рас-

пределении приливо-отливных течений, имеющих реверсивный характер и достигающих 0,8 м/с, и единичное превышение ПДК УВ через 1 час после наступления малых вод указывают на расположение источника загрязнения вод в районе Песчано-Наволоцкой мели, расположенной западнее мыса Глубокий, у которого проводились измерения.

Для сравнения характера приливной изменчивости УВ в районах с различными гидрологическими условиями и техногенным воздействием можно привести результаты работ, проведенных в Двинском заливе (рис 3, Б). Для оценки подобной изменчивости в юго-восточной части Двинского залива в 2012 г. были проведены специализированные исследования суточных колебаний концентраций УВ. Следует отметить, что исследуемый в Двинском заливе участок захватывает морскую границу зоны смешения речных и морских вод. Здесь также прослеживается связь приливных колебаний уровня воды и изменений концентраций УВ при том, что вертикальная структура распределения скорости и направления течений неоднородна. Здесь выделяются разнонаправленные потоки и турбулентные движения вод.

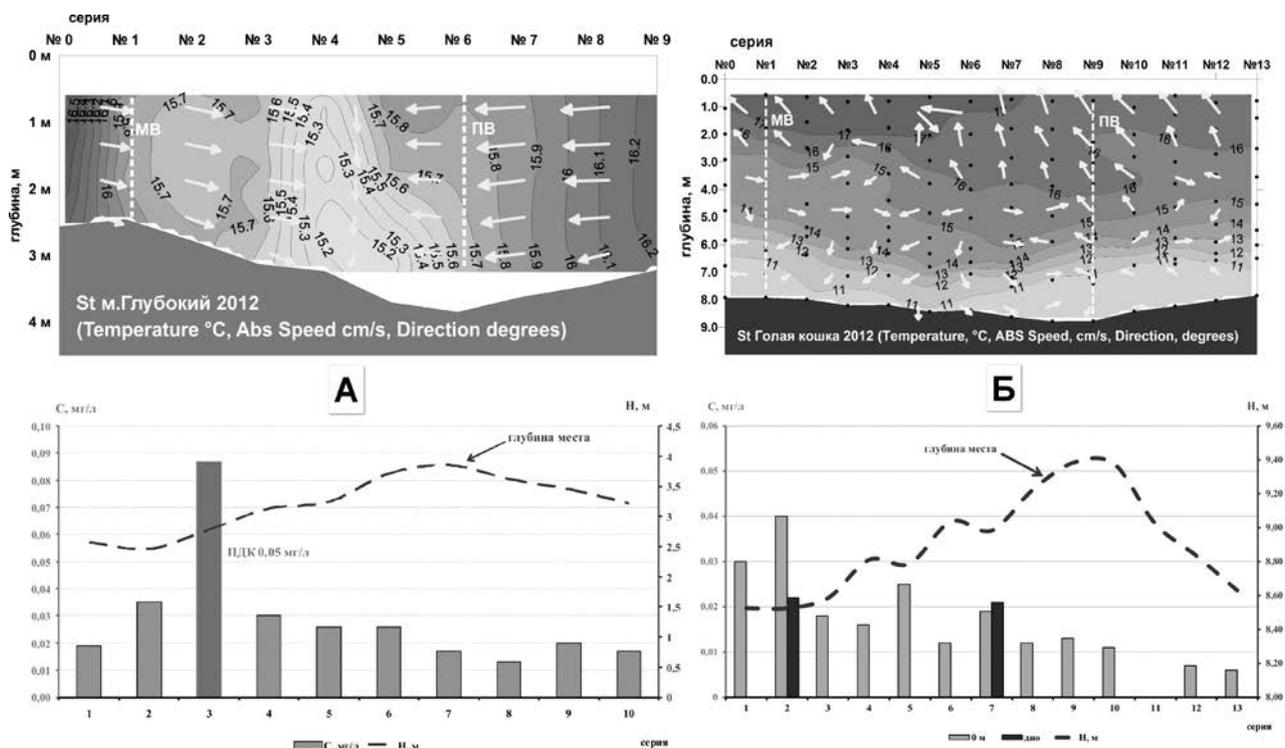


Рис. 3. Содержание УВ (С, мг/л) в воде поверхностного горизонта, приливное изменение глубины моря, скорости и направления течения на полусуточной станции у мыса Глубокий, Онежский залив (А) и у острова Голая Кошка, Двинский залив (Б) в июле 2012 г.

В поверхностном слое воды скорости течений достигает 0,6 м/с, в придонном горизонте скорости течений не превышают 0,15 м/с. В поверхностном слое вод преобладает стоковое течение, складывающееся из трансформированных речных вод Двины и поверхностного стока из Сухого моря. В придонном горизонте приливотливные явления формируют вихревую картину распределения течений. Заметно, что в межменные периоды наибольшая вероятность фиксации максимальных концентраций УВ отмечается в моменты близкие к малой воде приливного цикла. Характер зафиксированных колебаний УВ на рассматриваемом участке морской границы зоны смешения вод позволяет предположить, что отсутствие их высоких концентраций (более 0,05 мг/л) обусловлено влиянием маргинального фильтра р. Северная Двина и носит эпизодический характер. Это позволяет предположить, что загрязнение нефтепродуктами морских вод прилегающего к устью Северной Двины района происходит в виде отдельных локальных пятен загрязнённых вод, появление которых носит случайный (эпизодический) характер. Наблюдаемый характер изменчивости концентраций УВ указывает на отсутствие хронического загрязнения зоны смешения речных и морских вод нефтяными углеводородами, при котором в устье Северной Двины формируется устойчивый фронтальный раздел между «грязными» речными и «чистыми» морскими водами.

Выводы: к летнему сезону 2012 г. произошли значительные сдвиги в очищении прибрежной акватории Онежского полуострова у мыса Глубокий от загрязнения УВ. Основным фактором такого очищения явились штормовые условия, играющие важную роль в активизации процессов очищения мелководных прибрежных акваторий в условиях низких температур воды в северных морях. Воздействие волн и течений приводит не только к повторному поступлению в воду загрязняющих веществ, захороненных на мелководьях, но и выносу их на берег в виде ПМА, где в прибойной зоне активизируются процессы деструкции УВ. Анализ направления ветра и волнения, распределения мест и характера выноса на берег ПМА, а также исследование приливной изменчивости концентраций УВ в воде, указывает на наличие источника загрязнения в районе Песчано-Наволоцкой мели, на которой сохраняются отложения мазута перемешанного с песком. Такие ПМА остаются источником вторичного загрязнения вод акватории, а также прибрежной зоны, куда ПМА выбрасывают волнами и течениями во время штормов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 11-05-98804-р север а, программы Президиума УрО РАН № 12-У-5-1034, программы Президиума УрО РАН «Арктика» проект № 12-5-4-007, гранта РФФИ 11-05-98810-р север а, программы Президиума РАН № 12-П-5-1021, проекта РФФИ 13-05-00890.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Андрианов, В.В. О последствиях нефтяного загрязнения акватории южной части Онежского залива Белого моря в 2003 году / В.В. Андрианов, А.А. Ненашев, В.М. Белькович, Л.Р. Лукин // Теория и практика комплексных исследований в интересах экономики и безопасности российского Севера. Тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф. Мурманск, 15-17 марта 2005 г. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2005. С. 13-14.
2. Лебедев, А.А. Распределение концентрации нефтепродуктов в воде и донных отложениях в южной части Онежского залива Белого моря в июле 2005 года / А.А. Лебедев, В.В. Андрианов, Н.В. Неверова, Л.Р. Лукин // Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России. Материалы Всеросс. конф. с междунар. участ. Архангельск, 19-22 июня 2006 г. [Электронный ресурс]. – Архангельск, ИЭПС УрО РАН, 2006. (CD-ROM).
3. Лукин, Л.Р. Влияние нефтепродуктов на поведение локальных репродуктивных групп белухи (*Delphinapterus leucas*) / Л.Р. Лукин, В.В. Андрианов, А.А. Лебедев, Н.В. Неверова // Сборник научных трудов по материалам четвертой междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики» СПб, 10-14 сентября 2006 г. С. 328-330.
4. Андрианов, В.В. Последствия аварийного разлива нефтепродуктов в южной части Онежского залива Белого моря / В.В. Андрианов, Л.Р. Лукин, А.А. Лебедев, Н.В. Неверова // Вестник САФУ. 2012. № 4. С. 5-12.
5. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. «Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии»
6. ПНД Ф 14.1:2.5-95. «Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и сточных водах методом ИКС»
7. ПНД Ф 14.1:2.4.128-98. «Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой и сточной воды флуориметрическим методом на анализаторе жидкости Флюорат-02».
8. Лощия Белого моря, ГУНиО МО, 1983. С. 168-169.

SECONDARY POLLUTION BY OIL PRODUCTS OF THE COASTAL ZONE OF ONEGA BAY OF WHITE SEA

© 2013 A.A. Lebedev, V.V. Andrianov, N.V. Neverova, L.R. Lukin

Institute of Ecological Problems of the North UrB RAS, Arkhangelsk

By results of complex researches in 2005-2006 and in 2011-2012 in the area subjected to influence of the emergency black oil overflow in September, 2003, the process of natural self-cleaning of coastal zone waters from oil products is considered. It is shown that the last cuts of black oil fractions buried at the bottom in the form of sand-black oil aggregations are a secondary source of waters pollution by oil products.

Key words: *White Sea, Onega Bay, pollution by oil, flow variability*

Andrey Lebedev, Research Fellow. E-mail: laaws@yandex.ru
 Viktor Andrianov, Candidate of Biology, Senior Research Fellow.
 E-mail: vvandrianov@yandex.ru
 Natalia Neverova, Research Fellow. E-mail: nevnata@yandex.ru
 Leonid Lukin, Doctor of Biology, Main Research Fellow. E-mail:
 lrlukin@mail.ru