

УДК 504.05:(632.15:551.352)(99)

В.П. Усенко<sup>1</sup>, А.Ю. Митропольский<sup>1</sup>, Н.П. Осокина<sup>1</sup>, Е.И. Наседкин<sup>1</sup>

## СОДЕРЖАНИЕ СТОЙКИХ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АНТАРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

*Газохроматографическим методом проведены исследования донных отложений шельфа, прилегающего к северо-западной части Антарктического полуострова, на содержание стойких хлорорганических пестицидов: ДДТ и его метаболитов, ГХЦГ и его изомеров, альдрина, гептахлора и фторсодержащего пестицида трефлан. Это свидетельствует о глобальном переносе в Антарктиду хлорорганических пестицидов с атмосферными осадками и в результате крупномасштабной океанической циркуляции.*

### Введение

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) — токсичные вещества, физико-химические характеристики которых делают возможным их перемещение в глобальном масштабе. Из них наибольшее распространение получили пестициды, широко применявшиеся в сельском хозяйстве.

В 80-х годах прошлого столетия в бывшем СССР и Мире были накоплены данные о загрязнении пестицидами геологической среды, о миграции этих веществ в наземных ландшафтах и подземных водах. Однако, до сих пор не проведены систематические работы по изучению загрязнения морей суммой пестицидов, не известны коэффициенты накопления в системах: морская вода — рыба, морская вода — донные отложения, морская вода поверхность — вода придонная.

Под воздействием микроорганизмов в морской воде ДДТ распадается на метаболиты ДДД, а в живых организмах ДДТ разлагается в ДДЕ [5]. ДДТ нарушает цитогенетические особенности организма, отрицательно влияет на репродуктивную функцию, снижает жизнеспособность потомства, обладает эмбриотоксическими свойствами, вызывает иммунологические изменения. Допустимая среднесуточная доза для человека 0.005 мг. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в морской воде — отсутствие. ДДТ обладает хорошими миграционными свойствами. Сорбированный частицами взвеси и в растворенном состоянии он циркулирует в морской экосистеме, постепенно накапливаясь в донных отложениях.

Наименее изучены закономерности распределения пестицидов в донных отложениях — депо, где пестициды накапливаются и могут сохраняться столетиями, мигрируя по длинным и коротким трофическим цепям, являясь постоянным источником загрязнения морской воды, флоры и фауны. Накопление пестицидов и их производных в донных отложениях морей может привести к образованию высокотоксичных соединений.

© В.П. Усенко<sup>1</sup>, А.Ю. Митропольский<sup>1</sup>, Н.П. Осокина<sup>1</sup>, Е.И. Наседкин<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Институт геологических наук НАН Украины, г. Киев.

С позиции экологии перемещение пестицидов по трофическим цепям, начальным звеном которых является вода — зоофитопланктон — донные отложения, конечным — рыбы, млекопитающие, птицы и человек, представляет серьезную опасность. В первую очередь это относится к тем соединениям, которые прогрессивно накапливаются при миграции в каждом из звеньев (ДДТ, ГХЦГ (гексахлорциклогексан) и др.).

Ввиду наличия в мире до 100 000 технических форм пестицидов [4], следует считать, что вопросы загрязнения морей пестицидами изучены недостаточно.

### Изученность проблемы загрязнения Антарктиды пестицидами

Установлено, что процессы дистилляции, фракционирования и конденсации, происходящие в масштабах планеты, ведут к накоплению многих веществ в полярных регионах. Поэтому изолированный континент Антарктида, лишенный собственных источников СОЗ, является уникальным реперным регионом для изучения процессов глобальной миграции, рассеивания и концентрации СОЗ с целью их (процессов) моделирования [11].

В 1966 г. ДДТ обнаружен в Антарктиде (Risebrough R.W., 1977). В снеге (100 км от кромки льда) обнаружены ДДТ и полихлорбифиол в количестве  $2 \cdot 10^{-6}$  мг/кг. В яйцах пингвинов концентрация ДДТ составляет  $2 \cdot 10^{-6}$  мг/кг, в жире 1 мг/кг. В органах пингвинов ПХБ превышает концентрации ДДТ в 2–4 раза, а в снеге — в 7 раз.

В атмосферных осадках, перемещенных из различных районов Земли, обнаружены препараты ДДТ (от  $1 \cdot 10^{-6}$  мг/кг до  $4 \cdot 10^{-4}$  мг/кг) и его метаболиты ДДЕ, ДДД, а также дилдрин, ГХЦГ. Именно таким путем пестициды попали в Антарктиду, где, по расчетам, к настоящему времени одного только ДДТ аккумулировано около 2400 тонн [10].

Результаты исследований, выполненных в районе островов Аргентинского архипелага, где расположена Украинская антарктическая станция Академик Вернадский, показали, что в преобладающем большинстве анализируемых компонентов экосистемы обнаружен широкий спектр загрязняющих веществ, включающих хлорированные углеводороды.

Фоновые уровни химического загрязнения в районе островов Аргентинского архипелага в воде составили: для ДДТ,  $\gamma$ -ГХЦГ (линдана) и ГХБ (гексахлорбензола) соответственно 1.3, 0.02 и 0.03 нг/л; для ПХБ (Arochlor-1254 и Arochlor-1260) — 7.6 и 2.2 нг/л. В донных осадках фоновые уровни составили величины: для ДДТ,  $\gamma$ -ГХЦГ и ГХБ соответственно 1.03, 0.10 и 0.05 мкг/кг; для ПХБ (Arochlor-1254 и Arochlor-1260) — 10.1 и 2.8 мкг/кг [2].

Благодаря высокой устойчивости ДДТ к деструкции, его содержание в почвах и породах составляет тысячи тонн. Несмотря на то, что с 1970 г. ДДТ запрещен к применению в развитых странах, неиспользованные его ресурсы продолжали применять в странах Африки. По расчетам ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), для поддержания существовавшего на конец 1970-х гг. уровня обеспечения сельскохозяйственной продукцией стран Африки в период до 1990 г. было намечено реализовать широкую комплексную программу (ирригация, освоение новых

земель, механизация, использование химических удобрений и ядохимикатов и т.д.), предусматривающую суммарные ассигнования в 40 млрд долларов (в ценах 1975 г.). При этом только 47% увеличения сельскохозяйственного производства предполагалось обеспечить за счет интенсивных методов ведения хозяйства. Поэтому можно предположить, что пестициды попали в Антарктиду не только за счет глобального переноса с атмосферными осадками (аэрозольные выпадения), но и с океаническими водами, куда они поступают за счет поверхностного и подземного стоков с сельскохозяйственных угодий прибрежных районов стран с интенсивными методами ведения сельского хозяйства.

Сведения о содержании стойких хлорорганических пестицидов в компонентах антарктической экосистемы — в воздухе ( $\text{пг}\cdot\text{м}^{-3}$ ), воде ( $\text{пг}\cdot\text{л}^{-1}$ ), снеге ( $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$ ) и живых организмах ( $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$ ) приведены в таблицах 1 и 2 [11].

Таблица 1

Содержание стойких хлорорганических пестицидов в компонентах антарктической экосистемы — в воздухе ( $\text{пг}\cdot\text{м}^{-3}$ ), воде ( $\text{пг}\cdot\text{л}^{-1}$ ), снеге ( $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$ ) [11]

Место отбора	Год	ΣГХЦГ			ΣДДГ		
		Воздух	Вода	Снег	Воздух	Вода	Снег
Антарктида (ср. значения)	1980-1982	50-200	210-570	-	20-240	1,3-1,5	-
Tottuki Point	1981	-	-	2,2	-	-	0,01
Станция "Syowa"	1982	49	-	-	20	-	-
Море Амундсена	1982	44	-	-	22	-	-
О. Росса	1992	26	-	-	-	-	-
Бухта	1988-1989	-	-	0,34-1,29	-	-	0,65-0,94
Терра-Нова	1993-1994	5,9	-	-	-	-	-
О. Кинг-Джордж	1993-1994	-	-	-	-	-	-
Море Росса	1988-1992	-	-	-	-	-	-
Станция "Neumayer"	1999-2000	2,4 α-0,36 γ- 0,15	5,2 α-0,7 γ-3,4	-	-	-	-
О. Галиндес	2000	-	20 0-110	-	-	3440	-
О. Синь	1994-1995	27,2 α-2,8 β-2,4 γ-22	-	-	1,2 п,п'- ДДЕ 0,4 п,п'- ДДД 0,01 п,п'- ДДТ 0,28	-	-

Таблица 2

Изменение концентраций ДДЕ в трофической цепи,  $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$  — сырой массы (\* —  $\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$  жировой массы) [11]

Наименование вида	Субстрат	Год	ДДЕ
Криль <i>Euphausia superba</i>		1986	-
		1994-1995	-
		2000	0,86
Рыба <i>Pleurogramma antarcticum</i> (мальки)		2000	1,77
Рыба <i>Pleurogramma antarcticum</i> (взрослые особи)		2000	2,01
Макрель <i>Champscephalus gunna</i>	Печень	1987	4,00
		1996	5,00
Рыба <i>Chaenocephalus aceratus</i>	Печень	1987	7,20
		1996	14,50
Рыба <i>Gobionotothen gibberifrons</i>	Печень	1987	3,70
		1996	7,50
Рыба <i>Trematomus pennelli</i>		1994-1995	-
Пингвин Адели <i>Pygoscelis adeliae</i>	Гонады	1995	18,50
	Яйца	1988-1990	6,3; 72,4*
	Печень	1988-1990	1,5; 460,1*
Кит "Малый полосатик" <i>Balanoptera acutorostrata</i>	Жировая ткань	1993	180
Тюлень Уэддела <i>Leptonychotes weddelli</i>	Жировая ткань	1995	105
Тюлень Южный слон <i>Mirounga leonina</i>	Жировая ткань	1996	110
Южнополярный поморник <i>Catharacta maccormicki</i>	Яйца	1988-1990	96,9; 1086,6*
	Печень	1988-1990	19,6; 2687,7*

### Особенности обстановок осадконакопления и материал для исследования

После глобального повышения уровня океана к началу голоцена (10 тыс. лет назад) ледовый шельф Антарктического полуострова превратился в открытую область ледового седиментогенеза. Имеется несколько источников осадочного материала, поступающего в этот район:

*Континентальный.* Материал, выносимый выводными ледниками с континента. Часть его разгружается вблизи берегов. Большая часть транспортируется айсбергами далее в шельфовые акватории, где постепенно разгружается в результате их таяния. По крупности он представлен алеврито-пелитовой (преимущественно), щебенисто-дресвяной компонентами и крупными обломками и глыбами пород, развитых на ледосборе (магмати-

ческих и метаморфических). С береговых обрывов тихоокеанской экспозиции в прибрежные воды поступают мохово-лишайниковый детрит и продукты его разложения.

*Островной.* На островах среднего шельфа, на ограниченных ледниками и снежниками участках с благоприятным гидротермическим режимом (влажные субполярные оазисы) развита мохово-лишайниковая растительность, пленки вневодных водорослей, а также обширные поля ледовых водорослей в приповерхностном слое деградирующих реликтовых ледников. В период антарктического лета этот источник поставляет с талыми водами органические вещества в приостровные воды, повышая их биологическую продуктивность и внося существенный вклад в органическую составляющую донных осадков.

*Талассогенный (морской).* В летние месяцы (декабрь, январь) в прибрежных водах наблюдается бурное цветение фитопланктона, среди которого доминируют диатомовые. Это приводит к сезонному вкладу в общий поток седиментов биогенной компоненты, представленной дисперсным аморфным кремнеземом (скелеты диатомовых) и планктоногенной органикой. В прибрежных зонах в осадки поступает детрит макрофитов.

*Атмосферный (аэрозольный).* Аэрозольный “дождь”, по-видимому, относительно равномерно поступает с атмосферными осадками на территорию региона как в морские акватории, так и на континентальную и островную сушу, откуда в теплое время года выносятся в море выводящими ледниками и талыми водами.

Фиксация в донные отложения пестицидов, поступивших в бассейн осадконакопления как в результате дальнего переноса с атмосферными осадками и океанскими водами, так и ближнего — с ледниковым и водным стоком с прилегающей суши, обусловлена закономерностями распределения осадочного вещества в бассейне седиментации. Интегрально эти закономерности отражены в современной фациальной структуре бассейна, важнейшими фациеобразующими факторами которой являются гранулометрический и вещественно-генетический состав донных осадков, рельеф дна, особенности гидрологического режима.

В рамках программ морских антарктических экспедиций, проводимых НАНЦ (5-я УАЭ-2000 г., НИС “Горизонт” и 9-я УАЭ-2004 г., ЭС “Ушуайя”) изучались особенности современной фациальной структуры, отбирались пробы донных осадков тихоокеанского шельфа Антарктического полуострова (рис. 1А). В результате выделено шесть основных (разного масштаба) фациальных зон, отличающихся особенностями осадконакопления (рис. 1Б):

1. Верхний шельф — зона, приуроченная к системе продолжающих друг друга прибрежных проливов, простирающихся вдоль западного побережья Антарктического полуострова; открытая к океану зона верхнего шельфа; заливы, открывающиеся в прибрежные проливы, верхний шельф Южных Шетландских островов. 2. Средний (“островной”) шельф — зона островов, групп островов с участками скального мелководья, простирающаяся параллельно первой зоне и отгораживающая (прикрывающая) ее от

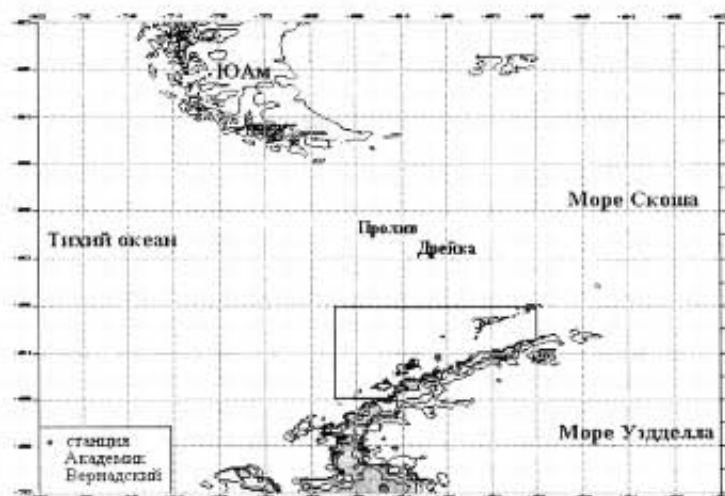


Рис. 1А. Расположение района исследований 9-й УАЭ (ограничен жирной линией)

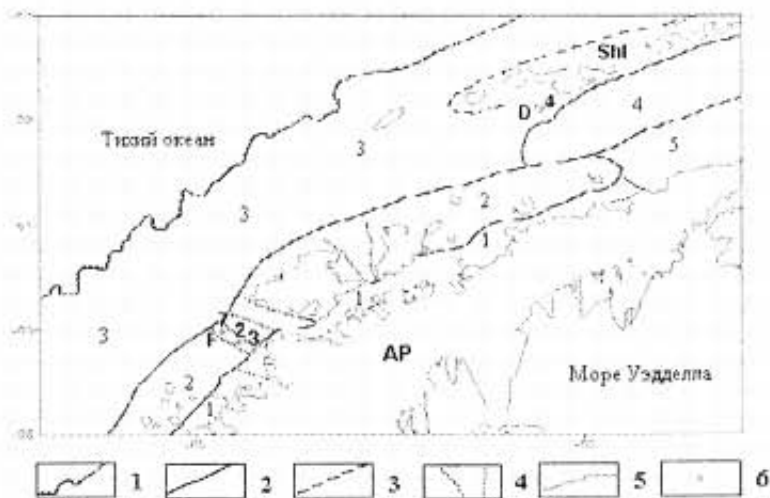


Рис. 1Б. Фациальная зональность западного шельфа Антарктического полуострова по данным исследований 9-й УАЭ:

*Буквенные обозначения:* АР — Антарктический полуостров, F — Французский канал, D — остров Десеан, ShI — Южные Шетландские острова.  
 1 — бровка шельфа, фациальные границы: 2 — макрофаций, 3 — верхнего шельфа Южных Шетландских островов, 4 — мезофаций, 5 — суша; 6 — геологические станции выполненные в 5-й УАЭ: во Французском канале: 7 — ст. 7/20, 2 — 2/20, 3 — 3/20; в бухте о. Десеан — 4 — ст. 4/20

открытого океана. Для среднего шельфа характерны поперечные, секущие его вкрест простирания межостровные каналы (проливы), по которым осуществляется транзит вод, айсбергов и взвешенного вещества между верхним и верхней частью внешнего шельфа. 3. Внешний шельф (приостровная и приокеанская зоны) — обширная платообразная терраса с достаточно сложным рельефом, сформированным разломной тектоникой, длительным воздействием покровного-шельфового ледника на поверхность террасы и результатами его дегляциации (подводные ледниковые формы). 4. Глубоководная обширная впадина пролива Брансфильд. 5. Мелководная платообразная

окраина о. Тринити (по сути, шельф Антарктического полуострова, прилегающий к его низинной части). 6. Полузакрытый изометрической формы залив кальдеры вулкана о. Десепшен.

Ниже кратко охарактеризован литологический состав колонок донных осадков (рис. 2) и отобранных из них на анализ проб (табл. 3).

Колонки донных осадков, пробы из которых были проанализированы на содержание пестицидов, были подняты во Французском канале и бухте о. Десепшен — двух существенно различающихся современными обстановками осадконакопления фациальных зонах, — однако на участках накопления наиболее тонкозернистого материала. На основе данных [3, 7–9], наших экспедиционных наблюдений и результатов эколого-стратиграфического анализа выделенных из донных осадков микрофауны и микрофлоры (результаты 9-й УАЭ: фораминиферовый анализ — Ю.В. Вернигорова, диатомовый анализ — А.П. Олыштынская) приводим краткую характеристику вышеназванных зон в аспекте особенностей концентрирования пестицидов в донных осадках.

**1. Французский канал.** Приурочен к трог, “очищенному” в течение млн. лет движением Антарктического ледника в направлении Тихого океана. Рассекает вкрест простирания островной шельф, соединя верхний

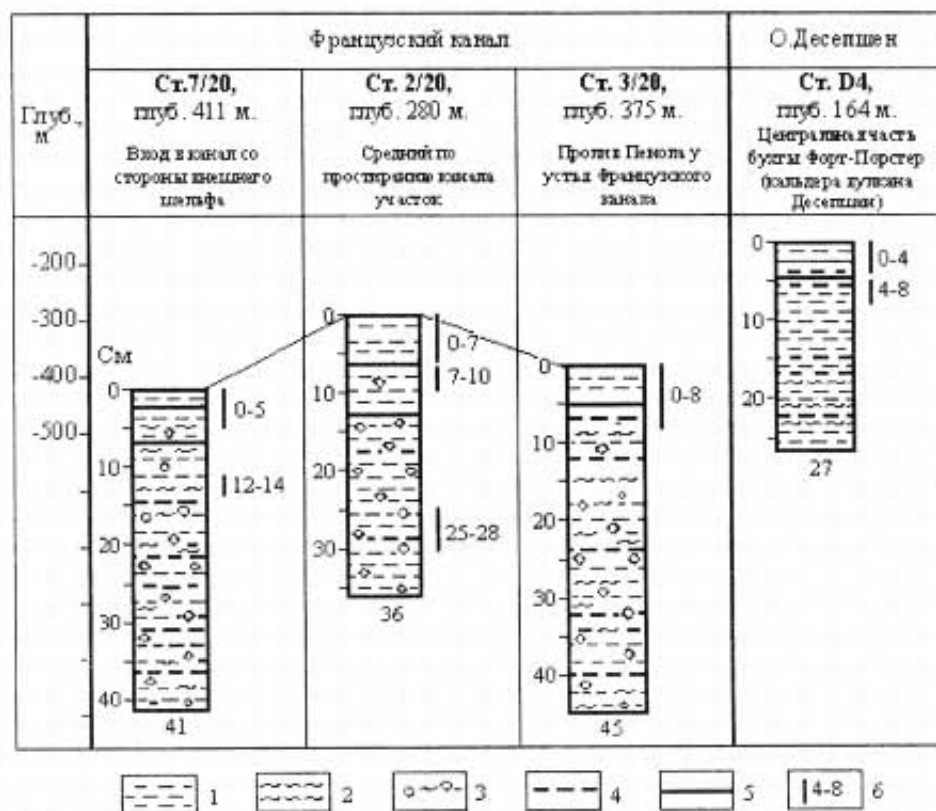


Рис. 2. Колонки донных осадков, отобранные на шельфе Антарктического полуострова в 5-й УАЭ  
Условные обозначения: 1 — алевроито-пелитовый ил, 2 — пелитовый ил, 3 — обломки в илах магматических и метаморфических пород древесново-щебенистой размерности, 4 — диффузные пятна, гнезда и примазки гидротроилита, 5 — границы между литологическими разностями донных осадков, 6 — интервалы отбора проб, см

Таблица 3

**Литологическая характеристика проб донных осадков, подвергнутых анализу на пестициды**

Станция	Интервал отбора пробы, см	Литологический состав
Ст. 7/20	0-5	Ил полужидкий зелено-серый алеврито-пелитовый.
	12-14	Ил зелено-серый, однородный, алеврито-пелитовый, с темными диффузными примазками и включением обломков горных пород.
Ст. 2/20	0-7	Ил полужидкий серо-зеленый, алеврито-пелитовый.
	7-10	Ил серо-зеленый алеврито-пелитовый.
	25-28	Ил мягкий серо-зеленый, алеврито-пелитовый, с обломками магматических пород размерностью до 10 см по всей длине керна.
Ст. 3/20	0-8	Ил полужидкий палево-зеленый, алеврито-пелитовый.
Ст. Д4/20	0-4	Ил жидкий темно-зелено-серый, пелитовый.
	4-8	Ил мягкий темно-зеленовато-серый, пелитовый.

(прибрежный) и обширный внешний шельф. Длина канала 22 км, ширина 3–4 км, глубина на отдельных участках превышает 300 м. На востоке открывается во вдольбереговой пролив Пенола — ст. 3 (глуб. 375 м), средняя по простиранию часть охарактеризована ст. 2 (280 м), выход на внешний шельф — ст. 7 (411 м).

В морфологических ловушках (ниже уровня воздействия поля волнения и в тени течений) накапливаются наиболее тонкозернистые современные донные осадки зоны ледового седиментогенеза. Осевая, наиболее глубоководная, часть Французского канала заполнена преимущественно алеврито-пелитовыми илами с включениями дресвяно-щебенистого материала (разгрузка тающих айсбергов). Верхний достаточно мощный слой донных осадков (5–7 см) имеет жидкую консистенцию, что свидетельствует об отсутствии влияния гидродинамических возмущений на этот слой в течение продолжительного времени. По всей мощности колонок осадков наблюдаются диффузные пятна, прослойки и гнезда гидротроилита, что указывает на обеспеченность редукционных процессов достаточным содержанием реакционноспособного органического вещества. Встречаются спикулы губок. В поверхностном слое донных осадков канала по сравнению с другими фаціальными зонами отмечено минимальное число видов и экземпляров бентосных фораминифер. Этот факт является следствием неблагоприятных условий их обитания, обусловленных, по-видимому, низким содержанием кислорода.

Динамическое поле вод канала формируется под влиянием сгонно-нагонных, приливно-отливных явлений и ветрового воздействия. Выше затишных глубинных зон оно активно аэрирует воды канала. Со стороны пролива Пенола усиливается влияние распресненных вод, со стороны внешнего



шельфа — океанских вод. Эта ситуация подтверждается большим многообразием видов планктонных диатомовых сравнительно с прибрежными заливами, находящимися под влиянием талых пресных вод.

## **2. Бухта Порт-Фостер острова Десепшен (кальдера вулкана Десепшен).**

Остров Десепшен вулканического происхождения, неоднократно фиксировались землетрясения и извержения. Берега гористые (до 548 м).

В юго-восточный берег острова глубоко вдается обширная бухта Порт-Фостер (затопленная кальдера вулкана), в которую с юго-востока ведет узкий проход Нептьюнс-Беллоус. В целом бухта имеет овальную форму, длина 9, ширина 6 км. Ее дно наклонно к центру, где глубины достигают 180 м. Поверхность дна аккумулятивно выровненная, с единичными штокоподобными островершинными образованиями высотой до 30–70 м над базовым уровнем. Проход Нептьюнс-Беллоус имеет ширину примерно 540 м, однако ширина его основного канала составляет около 140 м при глубинах 12–33 м. Осадки в центральной части бухты представлены пелитовыми илами, содержащими переменные количества примеси песчано-алевритового материала — продуктов дезинтеграции лав, туфов, туфобрекчии преимущественно базальтового состава. Верхние 8 см донных осадков на участке отбора колонки D4 представлены жидким илом.

Основная масса вод поступает в бухту из пролива Брансфильд. С берегов стекают воды многочисленных сернистых источников, температура которых достигает 85–90 °С. Характерен сезонный приток талых ледниковых вод с берегов бухты, а также вод осадков — дождя и снега. Из общих соображений течения в заливе могут генерироваться изменением уровня во внешних акваториях (приливно-отливные и стонно-нагонные явления), а также ветрами, которые реализуются в заливе.

В донных осадках определен специфический вид фораминифер, который встречен только в проливе Брансфильд (что может быть индикатором вод моря Уедделла). Диатомовые имеют смешанный состав — пресноводные и нормально соленых вод. Они встречены лишь в поверхностном слое ила, что может указывать на агрессивность среды осадка в отношении их скелетных остатков.

## **Метод и результаты определения пестицидов**

Анализ выполнен с помощью газохроматографического метода (хроматограф цвет-500М (модель — 550,570) в лаборатории по определению пестицидов в подземных водах и почвах при отделе гидрогеологических проблем ИГН НАНУ. Определялось содержание стойких хлорорганических пестицидов:

ДДТ и его метаболитов п,п'-ДДТ, п,п'-ДДЕ, п,п'-ДДД; ГХЦГ и его изомеров  $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ; альдрин; гептахлора; фторсодержащего пестицида — трефлана (табл. 4).

Таблица 4  
 Содержание стойких хлорорганических пестицидов в донных отложениях шельфа Антарктического полуострова, мг/кг.  
 (Анализ выполнен Н.П. Осокиной)

№ станции, глубина моря, м	Интервал, см	П,п' ДЩ	П,п' ДДЕ	П,п' ДДД	ΣДДТ	γ-ГХЦГ	ΣГХЦГ	Альдрин	Гептахлор	Трефан
Французский канал										
Ст. 7/20; 411	0-5	$4.8 \cdot 10^{-3}$	$7.4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4.9 \cdot 10^{-4}$	$6.4 \cdot 10^{-5}$	$6.4 \cdot 10^{-5}$	Н.о.	Н.о.	$1.3 \cdot 10^{-6}$
	12-14	$9 \cdot 10^{-4}$	Н.о.	$1.7 \cdot 10^{-2}$	$1.7 \cdot 10^{-2}$	$6.4 \cdot 10^{-5}$ α-ГХЦГ $2.4 \cdot 10^{-5}$ β-ГХЦГ $1.4 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$	Н.о.	$3.8 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-6}$
Ст. 2/20; 280	0-7	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4}$	Н.о.	$1.3 \cdot 10^{-2}$	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	$1.3 \cdot 10^{-6}$
	7-10	$7.3 \cdot 10^{-2}$	Н.о.	Н.о.	$7.3 \cdot 10^{-2}$	$3.2 \cdot 10^{-5}$	$3.2 \cdot 10^{-5}$	Н.о.	Н.о.	Н.о.
	25-28	$3 \cdot 10^{-4}$	Н.о.	$6.1 \cdot 10^{-3}$	$6.4 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	Н.о.	$1.9 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-6}$
Ст. 3/20; 375	0-8	$9 \cdot 10^{-4}$	Н.о.	$5.1 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$3.2 \cdot 10^{-5}$	$3.2 \cdot 10^{-5}$	Н.о.	Н.о.	Н.о.
Бухта о. Десеппен										
Ст. Д4/20; 164	0-4	$4.8 \cdot 10^{-4}$	$3.9 \cdot 10^{-5}$	$3.8 \cdot 10^{-5}$	$5.6 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-5}$	$3.2 \cdot 10^{-5}$	$1.8 \cdot 10^{-5}$	$1.9 \cdot 10^{-5}$	Н.о.
	4-8	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$7.8 \cdot 10^{-5}$	$4.5 \cdot 10^{-2}$	$4.5 \cdot 10^{-2}$	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	$1.3 \cdot 10^{-6}$
Пределы содержаний										
По восьми пробам		$1.3 \cdot 10^{-5}$ ÷ $7.3 \cdot 10^{-2}$	Н.о. ÷ $7.4 \cdot 10^{-4}$	Н.о. ÷ $4.5 \cdot 10^{-2}$	$5.6 \cdot 10^{-4}$ ÷ $7.3 \cdot 10^{-2}$	Н.о. ÷ $8 \cdot 10^{-3}$	Н.о. ÷ $8 \cdot 10^{-3}$	Н.о. ÷ $1.8 \cdot 10^{-5}$	Н.о. ÷ $3.8 \cdot 10^{-5}$	Н.о. ÷ $1.3 \cdot 10^{-6}$

## Выводы

1. С позиции экологии перемещение пестицидов по трофическим цепям, начальным звеном которых является вода — зоофитопланктон — донные отложения, конечным — рыбы, млекопитающие, птицы и человек, представляет серьезную опасность. В первую очередь это относится к тем соединениям, которые прогрессивно накапливаются при миграции в каждом из звеньев (ДДТ, ГХЦГ и др.). Накопление пестицидов и их производных в донных отложениях морей может привести к образованию высокотоксичных соединений.

2. В настоящее время исследования содержания пестицидов в Антарктических морях, особенно в донных отложениях, недостаточны. Это определяет фактологическую ценность полученных нами данных.

3. Проведенное исследование показало, что в донных осадках западного шельфа Антарктического полуострова обнаружены следующие стойкие хлорорганические пестициды и фторсодержащий пестицид-трефлан:

ΣДДТ — в 100% проб на уровне  $10^{-4}$ – $10^{-2}$  мг/кг; γ-ГХЦГ (линдан) — в 75% проб на уровне  $10^{-5}$ – $10^{-3}$  мг/кг; гептахлор — в 37,5% проб на уровне  $10^{-5}$  мг/кг; трефлан — в 62% проб на уровне  $10^{-6}$  мг/кг.

4. Накопление пестицидов в донных осадках различных фациальных зон происходит: а) в зоне *верхнего шельфа* (ст. 3/20) — под преимущественным влиянием поставки осадочного вещества с континента и островной суши (ледовая разгрузка, талые пресные воды); б) в *обстановке транзитного канала среднего шельфа* (ст. 2/20, 7/20) — под влиянием вод моря Беллинсгаузена; в) в *полузакрытой бухте Порт-Фостер* (ст. D4) — под влиянием вод моря Уэдделла, фумарольных и талых вод о. Десепшен — предпочтительно единый, аэрозольный источник пестицидов.

5. Распределение содержаний ΣДДТ по разрезу колонок указывает на тенденцию их преимущественного концентрирования в подповерхностном слое донных осадков, где наиболее активно протекают процессы раннедиагенетических трансформаций.

6. Изложенное выше указывает на важность всестороннего исследования процесса прогрессирующего загрязнения Антарктиды пестицидами. В преддверии Международного полярного года (2007–2008) актуальность данной проблемы возрастает.

1. *Африка*. Энциклопедический справочник // Гл. ред. Ан.А. Громыко. — Т. I. — М.: Советская энциклопедия, 1986. — 672 с.

2. *Бондарь С.Б., Орлова И.Г., Усенко В.П.* Ингридиенты химического загрязнения в экосистеме шхерного мелководья островов Аргентинского архипелага (район антарктической станции “Академик Вернадский”) // Бюлл. Укр. Антаркт. Центр. — 2000. — Вып. 3. — С. 192–208.

3. *Булгаков М.П., Ломакін П.Д., Артамонов Ю.В.* Результати океанографічних досліджень України в Антарктиці в 1995–2000 рр. Досвід та перспективи. — Препринт МПІ. — Севастополь, 2001. — 66 с.

4. *Врочинський К.К.* Пестициди і охорона водних ресурсів // К.: Урожай, 1987. — 158 с.

5. Герлах С. Загрязнение морей: Диагноз. Терапия // Л.: Гидрометеиздат, 1985.— 263 с.
6. Ежегодник содержания остаточных количеств пестицидов в объектах природной среды отдельных регионов Советского Союза. Книга II.— О.: Госкомгидромет, 1988.— С. 132.
7. Лисицин А.П. Ледовая седиментация в Мировом океане.— М.: Наука, 1994.— 448 с.
8. Ломакин П.Д., Саркисов А.А., Усенко В.П. Характеристика течений, ледовых условий и рельефа дна межконтинентальной зоны архипелага Аргентинские острова (месторасположения станции “Академик Вернадский”) // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу: Зб. наук. праць. Вип. 12 / НАН України, МГІ, ІГН, ОФ ІнБІМ.— Севастополь, 2005.— С. 307–313.
9. Лоция Антарктики. Вып. 1. Антарктический полуостров и Тихоокеанский сектор.— ГУНиО МО, 1986.— 492 с.
10. Пестициды и окружающая среда // М.: Центральный НИИ санитарного просвещения Министерства здравоохранения СССР, 1982.— 47 с.
11. Ткаченко У.Ю., Богилло В.И., Базилевская М.С. Поведение и накопление стойких органических загрязнителей в Антарктике // Планета без стійких органічних забруднювачів (СОЗ) / Збірник наукових матеріалів науково-практичного семінару в рамках Всесвітнього дня дій проти СОЗ (20 травня 2005 р., м. Київ).— К.: Обрії, 2005.— С. 122–130.

Газохроматографічним методом виконано дослідження донних відкладів шельфу, прилегло до північно-західної частини Антарктичного півострова, на вміст стійких хлорорганічних пестицидів: ДДТ та його метаболітів, ГХЦГ та його ізомерів, альдрину, гептахлору та фторвміщуючого пестициду трефлану. Це свідчить про глобальне переміщення в Антарктиду хлорорганічних пестицидів з атмосферними опадами та крупномасштабною океанічною циркуляцією.

Using gas chromatography method the offshore bottom sediments adjacent to the NW part of the Antarctic Peninsula were tested for content of stable chlororganic pesticides (DDT with its methabolites, HCCN — hexachlorocyclohexane with its isomers, aldrin, heptachlor and fluorine-containing pesticide — treflan). This testifies to the global migration of the chlororganic pesticides to Antarctica with atmospheric precipitation.