

УДК 504.054:546.261:615.838.7:551.468.4(477.74)

ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЕЛОИДОВ ШАБОЛАТСКОГО (БУДАКСКОГО) ЛИМАНА ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ (ПАУ)

Мокиенко А.В., Никипелова Е.М., *Цимбалюк К.К., Солодова Л.Б., Шевченко М.В.

Государственное учреждение «Украинский научно-исследовательский институт медицинской реабилитации и курортологии Министерства здравоохранения Украины», г. Одесса; * Украинский научный центр экологии моря Министерства экологии и природных ресурсов Украины, г. Одесса

Представлена характеристика антропогенного загрязнения пелоидов Шаболатского (Будакского) лимана полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ). Полученные данные свидетельствуют о персистирующем характере антропогенного влияния на исследованную акваторию Шаболатского (Будакского) лимана, вероятным источником которого являются как низко-, так и высокотемпературные (пиролитические) процессы.

Ключевые слова: лиман, пелоиды, полициклические ароматические углеводороды

Введение

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) — органические соединения, для которых характерно наличие в химической структуре трех и более конденсированных бензольных колец (рис. 1). Основными источниками эмиссии техногенных ПАУ в окружающую природную среду являются предприятия энергетического комплекса, автомобильный транспорт, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность. В основе практически всех техногенных источников ПАУ лежат термические процессы, связанные со сжигани-

ем и переработкой органического сырья: нефтепродуктов, угля, древесины, мусора, пищи, табака и др.

В последние годы интенсифицировались исследования по экологической и гигиенической оценке ПАУ как стойких органических загрязнителей окружающей среды и их риска для здоровья населения.

В проблемной статье [1], посвященной биологическому и биохимическому контролю ПАУ (PAHs) при воздействии на население отмечается следующее. PAHs являются вездесущими канцерогенными веществами, действию которых человек

подвергается в окружающей среде и на определенных рабочих местах. Поэтому, оценка риска для здоровья имеет большую профессионально-медицинскую и экологическо-медицинскую важность. Наиболее подходящим способом оценки этого риска является определе-

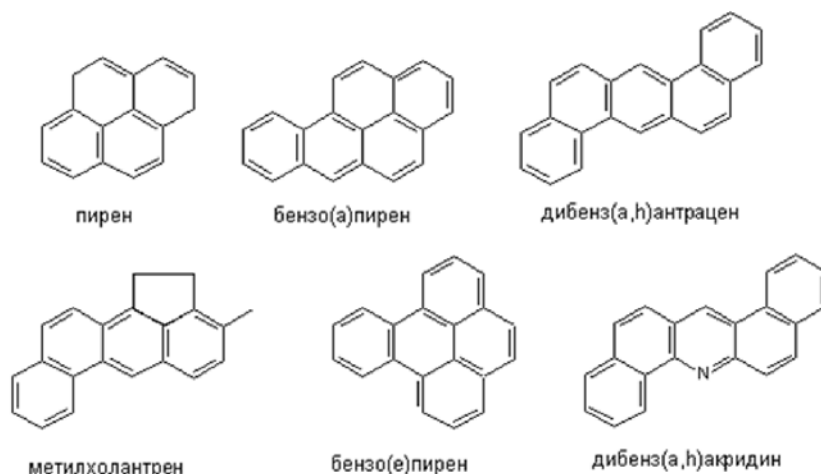


Рис. 1. Основные представители ПАУ

ние ДНК и аддуктов белка PAHs. Некоторые аналитические методы, используемые до настоящего времени, прежде всего, ³²P постмаркировка, иммунологические об следования и синхронная спектроскопия флуоресценции, являются слишком неопределенными, поскольку результаты недостаточно точны и не сопоставимы друг с другом. Только использование специфич ных методов инструментального анализа, например, высокоэффективной жидко стной хроматографии (HPLC) и газовой хроматографии/масс-спектрометрии (GC/MS) может нивелировать этот дефицит. Однако, эти методы могут успешно исполь зоваться, главным образом, для определе ния аддуктов белка PAHs. Они обнаружи ваются в более высоких концентрациях и могут, таким образом, быть аналитически обнаружены. В настоящее время, главным образом определяются моногидроксили рованные метаболиты PAHs в моче. Использование определенных методов обо гащения и HPLC с флуоресценцией позво ляет определить воздействие PAHs на на селение в целом. Пределы обнаружения находятся в диапазоне нанограмма/литр. Ввиду важности этой группы веществ оп ределение аддуктов PAHs и обнаружение их метаболитов в моче останутся в центре дальнейших профессионально-медицинс ких и медико-токсикологических исследо ваний.

В работе [2] отмечается, что PAHs образуются во время неполного сгорания органического материала, например в виде компонентов сигаретного дыма, в обработанных газах и в дыме лесных по жаров. По существу они не электрофиль ны, но становятся электрофильными в ре акциях с системами клеточных ферментов. В "фазе 1" это цитохром P450 моноокси геназа, когда реактивные гидрофильные промежуточные звенья PAHs связываются ковалентно с ДНК с формированием высо комутагенных аддуктов ДНК. В "фазе 2", инактивируются ферменты - конъюгаты, такие как глутатион-S-трансферазы. Поли морфизм генов, вовлеченных в метабо лизм PAHs, и их влияние на ДНК приводит

к формированию цитогенетических био маркеров рака.

В настоящее время сформировалась точка зрения, что ПАУ бензо(а)пирен (B[a]P), вездесущий загрязнитель окружа ющей среды, является эндокринным дес труктором. Основной мишенью этого ксе нобиотика является яичко. В работе [3] ис следовано влияние B[a]P на стероидогенез в клетках Лейдига. Цель состояла в про верке выдвинутой авторами гипотезы, что долгосрочное воздействие низких концен траций B[a]P может разрушить производ ство тестостерона в клетках Лейдига путем изменения стероидогенных белков. Полу чены следующие результаты. Оральное введение B[a]P уменьшало уровни сыворо точного и внутритестикулярного тестосте рона у крыс. Однако, серьезная тестику лярная атрофия или азооспермия не на блюдалась, хотя апоптоз сперматогониев был значительно увеличен. По сравнению с контролем, клетки Лейдига после воз действия B[a]P продуцировали меньше те стостерона, что сопровождалось умень шенной экспрессией стероидогенного ре гулирующего протеина (StAR) и 3 I-гидро ксистероид-дегидрогеназы (3 I-HSD) и уве личением уровней цитохрома P450 (P450scs). В заключении авторы отмечают, что B[a]P может уменьшить эпидидималь ное качество спермы, нарушая уровни те стостерона, и StAR может быть главным стероидогенным белком, который являет ся мишенью для B[a]P или другого PAHs.

Подтверждением этому являются две недавние работы китайских авторов.

Исследования на мужчинах в провин ции Jiangsu показало: увеличенное по вреждение ДНК спермы было связано с увеличенными концентрациями 1-гидро ксипирена в моче, что может быть одним из факторов мужского бесплодия без про фессионального воздействия PAHs [4].

Изучение ассоциации между наличи ем четырех метаболитов ПАУ (PAHs) (2-гидрокси нафтадена и 1-гидрокси пирена) в моче и повреждением ДНК спермы на по пуляции мужчин в г. Chongqing (Китай)

показало увеличение параметров ДНК - повреждения в тесте comet assay. Однако, не обнаружена связь между уровнями метаболитов и параметрами спермы или морфологией образцов спермы. Эти результаты позволяют предположить, что РАНs могут вызывать ДНК - повреждающее воздействие на сперму с последующим влиянием на бесплодие у мужчин [5].

Учитывая значимость ПАУ как стойких органических загрязнителей, цель работы состояла в характеристике антропогенного загрязнения ими пелоидов при черноморского Шаболатского (Будакского) лимана, которые интенсивно используются в санаторно-курортной практике в санаториях смт Сергеевка (Белгород-Днестровский район, Одесская область). Следует отметить, что в доступной литературе отсутствуют данные об антропогенном загрязнении пелоидов СОЗ, в частности ПАУ,

что подчеркивает актуальность данной работы.

Материалы и методы

Объект исследований - пелоиды лимана. Осуществлены экспедиционные выезды (март, апрель, июль, сентябрь) с отбором проб пелоидов: точка 1 (Шаболатский лиман), точки 2, 3 (Будакский лиман). В целом проведен отбор 12 проб рапы и 12 проб пелоидов. Отбор проб проводился в соответствии с [6].

В пробах пелоидов определяли 16 приоритетных ПАУ - нафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б, к)флуорантен, бенз(а)пирен, бензо(г, h, i)перилен, дибенз(а, h)антрацен, индено(1, 2, 3-сd)пирен.

Анализ проб выполнен согласно методике [7]. Для анализа пелоидов на содержание ПАУ пробы предварительно лиофильно высушивали на приборе CHRIST ALPHA, гомогенизировали и готовили точные навески на аналитических весах. Навеска пелоидов для определения ПАУ составляла 5 г. Экстракцию проводили в аппарате Сокслета смесью гексан: хлористый метилен 1:1 на протяжении 16 часов, после чего экстракт упаривали на роторном испарителе до 1 мл. Упаренный экстракт очищали от серы и серусодержащих соединений активированной медью. Очищенный экстракт фракционировали методом колоночной хроматографии на флоризиле, оксиде алюминия и кремния. Элюат, содержащий целевые соединения, упаривали на роторном испарителе до 5 мл после чего доупаривали до 1 мл в токе азота. Упаренный элюат, содержащий ПАУ, анализировали методом хромато-масс-спектрометрии на ГХ/МС Alilent 7890A/

офильно высушивали на приборе CHRIST ALPHA, гомогенизировали и готовили точные навески на аналитических весах. Навеска пелоидов для определения ПАУ составляла 5 г. Экстракцию проводили в аппарате Сокслета смесью гексан: хлористый метилен 1:1 на протяжении 16 часов, после чего экстракт упаривали на роторном испарителе до 1 мл. Упаренный экстракт очищали от серы и серусодержащих соединений активированной медью. Очищенный экстракт фракционировали методом колоночной хроматографии на флоризиле, оксиде алюминия и кремния. Элюат, содержащий целевые соединения, упаривали на роторном испарителе до 5 мл после чего доупаривали до 1 мл в токе азота. Упаренный элюат, содержащий ПАУ, анализировали методом хромато-масс-спектрометрии на ГХ/МС Alilent 7890A/

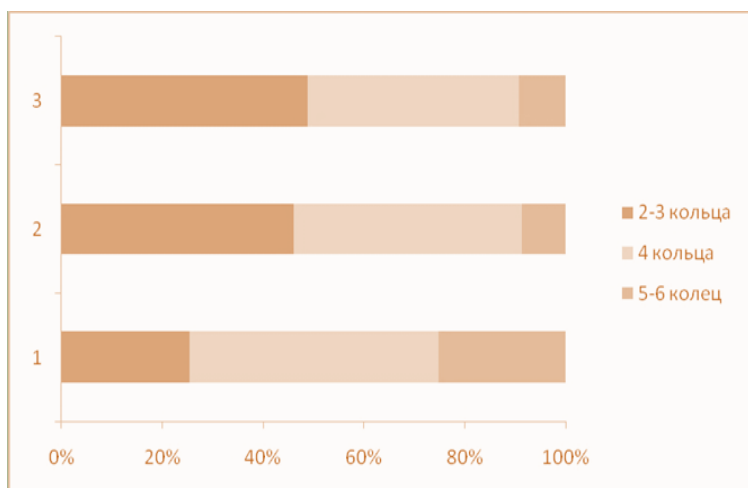


Рис. 2 Соотношение 16 ПАУ в пелоидах лимана по числу колец в молекуле (отбор проб март - 2011 г.)

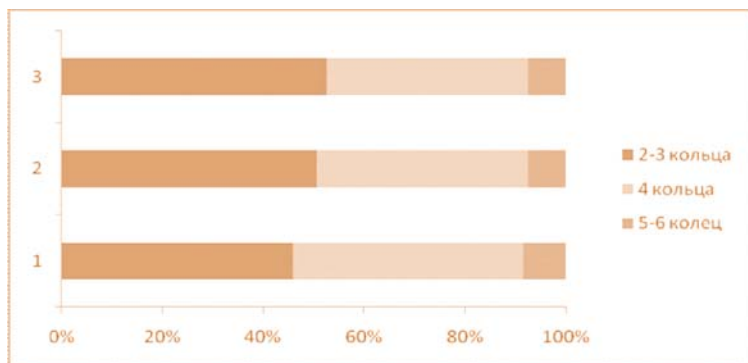


Рис. 3 Соотношение 16 ПАУ в пелоидах лимана по числу колец в молекуле (отбор проб - апрель 2011 г.)

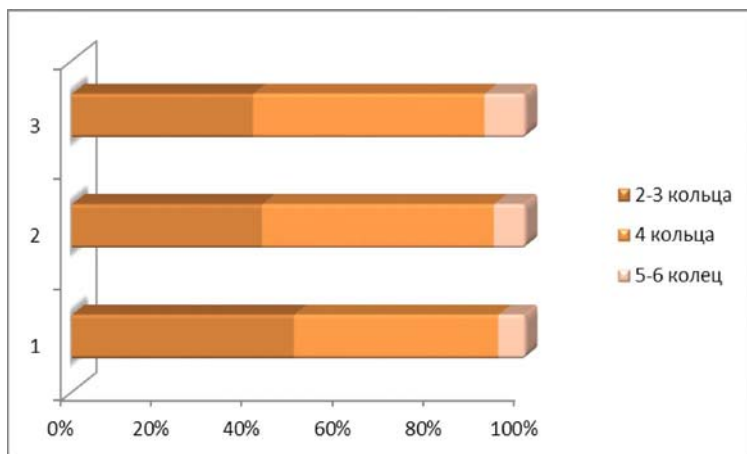


Рис. 4 Соотношение 16 ПАУ в пелоидах лимана по числу колец в молекуле (отбор проб - июль 2011 г.)

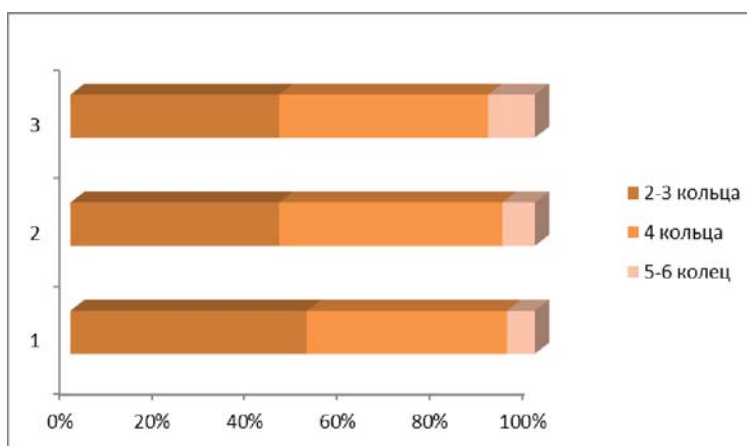


Рис. 5 Соотношение 16 ПАУ в пелоидах лимана по числу колец в молекуле (отбор проб - сентябрь 2011 г.)

5975С, оснащенном РТВ инжектором, который работает в режиме LVI; метод сбора данных - селективный мониторинг ионов. Для каждого соединения использовали по 3 иона: 1 ион для обсчета и 2 иона подтверждающих.

Результаты и их обсуждение

Анализ соотношения 16 ПАУ в пелоидах лимана по числу колец в молекуле показало, что в точке 1 преобладают высокомолекулярные полиарены с числом колец 4 - 6, а в точках 2,3 это превышение незначительно (на 3 и 9 % соответственно) (рис. 2).

В апреле в точке 1 концентрация высокомолекулярных полиаренов в пелоидах превышает концентрации низкомолекулярных, что свидетельствует об умеренном загрязнении этого участка лимана (рис. 3).

Анализ происхождения ПАУ представляет собой сложную задачу. В основ-

ном анализ сводится к идентификации источников ПАУ, которые условно делят на источники пиролитической и петрогенной природы [8]. Под первыми понимаются такие источники, в которых образование ПАУ происходит в процессах неполного сгорания органического вещества, в том числе в двигателях внутреннего сгорания. Источники петрогенной природы – источники ПАУ, образовавшихся и образующихся в процессах трансформации растительного вещества, а также ПАУ, образующихся в процессе современного диagenеза в почвах и донных отложениях.

На рис. 4 и 5 (июль, сентябрь) показано, что во всех трёх точках происходит весьма незначительное увеличение содержания высокомолекулярных полиаренов с числом колец 4 - 6.

Анализ уровней загрязнения пелоидов лимана 16 ПАУ, 7 канцерогенными ПАУ и суммарным Б(а)Пэкв (эквивалентом концентрации по бенз(а)пирену) (мкг/кг) показал следующее.

На рис. 6 - 9 видна прямая зависимость загрязнения донных отложений от суммарной концентрации канцерогенных полиаренов, а также от суммарного Б(а)-Пэкв. Процентное отношение канцерогенных ПАУ варьирует от 25,9 до 27,9 % в марте (рис.6) и от 20,5 до 22,2 % в апреле.

Для примера рассмотрим результаты анализа проб пелоидов за март 2011 г. Полученные результаты представлены в табл. 1, где "ПАУ - сумма 16 полиароматических углеводородов, "канц. ПАУ – % канцерогенных ПАУ от общего числа ПАУ, LMW/HMW – отношение низкомолекулярных к высокомолекулярным ПАУ, Б(а)Пэкв – суммарный эквивалент токсичности по Б(а)П.

Для донных отложений лиманов нет нормирования по содержанию ПАУ, а по

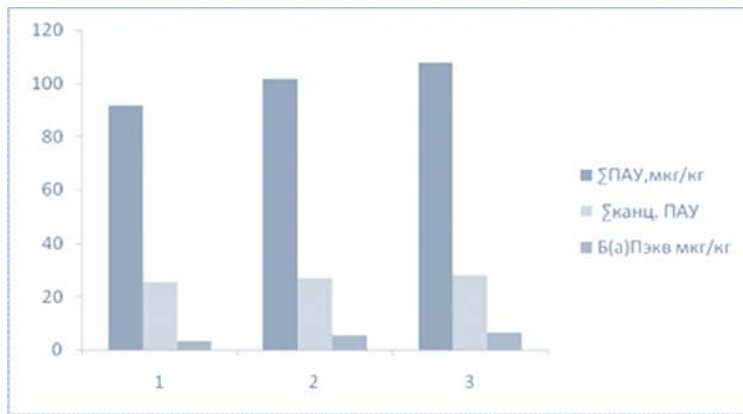


Рис. 6 Соотношение уровней загрязнения пелоидов лимана 16 ПАУ, 7 канцерогенными ПАУ и суммарным Б(а)Пэкв (отбор проб - март 2011 г.).



Рис. 7 Соотношение уровней загрязнения пелоидов лимана 16 ПАУ, 7 канцерогенными ПАУ и суммарным Б(а)Пэкв (отбор проб - апрель 2011 г.).

физико-химическим свойствам приморские донные отложения мало отличаются от морских донных отложений, степень близости зависит от связи лиманов с морем. Поэтому результаты исследований пелоидов интерпретировали по рекомендациям для морских донных отложений. Согласно рекомендаций [9] донные отложения могут быть классифицированы по 3-м категориям в зависимости от общего содержания ПАУ: "ПАУ < 250 мкг/кг – легко загрязненные; 250 – 500 мкг/кг – загрязненные; > 500 мкг/кг – очень загрязненные. Согласно этой классификации, проанализированные нами пелоиды относятся к легко загрязненным.

При сравнении концентраций отдельных ПАУ с суммарной концентрацией ПАУ в донных отложениях было обнаружено преобладание нафталина (13,7 – 16,0), фенантрена (13,1 – 22,4), флуорантена (14,3 – 17,5), бенз(а)атрецен (15,2

– 17,2).

В Украине не регламентированы ПДК полиаренов (ПАУ) в донных отложениях. Поэтому, оценка степени загрязнения донных отложений в контролируемом объекте выполнялась на основе соответствия уровней содержания ПАУ критериям экологической оценки загрязненности грунтов по "Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95" ("голландские листы"). Согласно этому документу допустимые уровни суммарной концентраций ПАУ составляют 1000 нг/г, для флуорантена 15 мкг/кг. Нами установлено, что флуорантен незначительно превышал ПДК в точках №№ 1 и 2.

Для исследованных проб донных отложений рассчитаны индексы LMW/HMW [10]. Значение индекса меньше 1 предполагает загрязнение ПАУ пиролитического происхождения (табл. 1).

Как видно из вышепредставленных данных, индексы LMW/HMW колеблются от 0,71 до 0,95, что указывает на значительное загрязнение техногенными полиароматическими углеводородами.

Международное агентство по изучению рака классифицировало 7 ПАУ как канцерогенные [11]. Бенз(а)пирен – единственное соединение из 16 полиаренов, для которого имеются данные по токсичности для расчета фактора канцерогенности. Поэтому для оценки токсичности суммы найденных ПАУ установлен суммарный Б(а)Пэкв, который рассчитан, используя эквивалент токсичности для каждого ПАУ [12]. Рассчитанный суммарный Б(а)Пэкв [13] в точках отбора колеблется в диапазоне 3,17 – 6,47. В связи с тем, что не имеется специальных нормативов санитарной оценки донных отложений лиманов, то величины количества бенз(а)пирена можно сравнить с нормами ПДК бенз(а)пирена в почве (20 мкг/кг). Обнаруженные концентрации бенз(а)пирена в донных отложениях

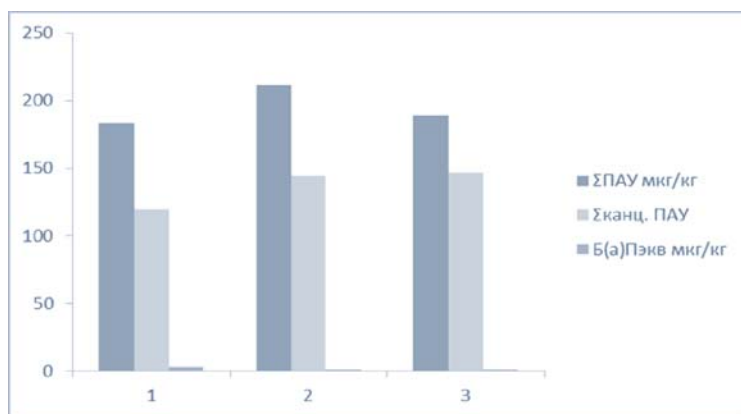


Рис. 8 Соотношение уровней загрязнения пелоидов лимана 16 ПАУ, 7 канцерогенными ПАУ и суммарным Б(а)Пэкв (отбор проб - июль 2011 г.)

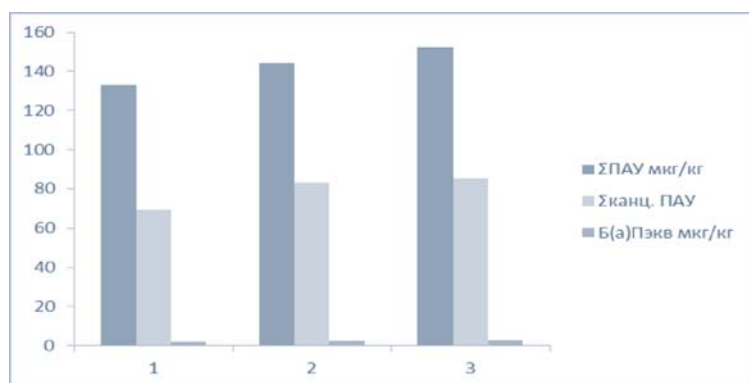


Рис. 9 Соотношение уровней загрязнения пелоидов лимана 16 ПАУ, 7 канцерогенными ПАУ и суммарным Б(а)Пэкв (отбор проб - сентябрь 2011 г.)

ях оказались ниже этой нормы.

Для анализа источников эмиссии ПАУ в исследуемый объект используют отношения индивидуальных ПАУ, которые позволяют идентифицировать источники как для регионов с развитой промышленностью, так и для относительно незагрязненных районов [14]. В табл. 2 представлены широко используемые соотношения кон-

центраций ПАУ для определения природы источников ПАУ. Число используемых соотношений гораздо больше, но для приведенных соотношений определены диапазоны значений, указывающих на природу происхождения. Однако, это не означает, что эти соотношения дают абсолютно точное определение источников ПАУ, поскольку условия микробного разложения ПАУ в донных отложениях зависят от температуры, природы микробных сообществ и присутствия других органических загрязнителей [15].

Интерпретировать полученные данные можно следующим образом.

Значение соотношения $FI/FI+Py > 0,5$ указывает на загрязнение, которые образуются в результате горения керосина, угля. Соотношение $AN/178$ характеризует природу образования ПАУ в объектах окружающей среды.

Соотношение меньше 0,1 в точке 1 указывает на образование ПАУ в результате низкотемпературных процессов (нефтяное загрязнение). Соотношение больше 0,1 свидетельствует о доминиро-

Таблица 1

Результаты исследований состоянием на 26.03.2011 г.

№ станции	ΣПАУ, мкг/кг	% канц. ПАУ	LMW/HMW	Б(а)Пэкв мкг/кг	Суммарный индекс ПАУ
1	91,7	27,9	0,71	3,17	9,45
2	101,8	26,5	0,85	5,30	10,17
3	107,7	25,9	0,95	6,47	9,77

Таблица 2

Индексы, указывающие на возможные источники эмиссии ПАУ

Индексы	Точки отбора		
	1	2	3
$FI / FI+Py$	0,6	0,65	0,55
$AN / 178$	0,09	0,15	0,14
$BaA / 228$	0,87	0,85	0,88
$IP / Ip+Bg$	0,54	0,56	0,52

вании процессов горения. Соотношение $BaA/228 > 0,35$ и $IP/Ip+Bg > 0,5$ свидетельствует о загрязнении ПАУ, которые образовались в результате пиролитических процессов. Для всех индексов наибольшее значение соотношений получено для точки 2.

Так как источники эмиссии ПАУ могут быть различными, случайными, нерегулярными, был рассчитан суммарный индекс ПАУ [16]. Значения индекса ПАУ представлены в табл. 1 и свидетельствуют, что вероятными источниками эмиссии ПАУ являются высокотемпературные процессы, так как значения индекса > 4 .

Вывод

Результаты анализа 16 ПАУ показали, что идёт постепенная аккумуляция загрязнения в пелоидах лимана в результате седиментации. Содержание бенз(а)пирена в пелоидах за период исследований (март, апрель, июль, сентябрь 2011 г.) возрастает, тогда как содержание этого СОЗ в эти же месяцы в рапе уменьшается, однако не по прямой зависимости. Пелоиды по суммарной концентрации ПАУ легко загрязнены. Вместе с тем, полученные данные свидетельствуют о персистирующем характере антропогенного влияния на исследованную акваторию Шаболатского (Будакского) лимана, вероятным источником которого являются как низко-, так и высокотемпературные (пиролитические) процессы. Все это свидетельствует о настоятельной необходимости систематического мониторинга антропогенного загрязнения рапы и пелоидов лимана как ценных природных лечебных ресурсов.

Литература

1. Angerer J. Biological monitoring and biochemical effect monitoring of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons / J. Angerer, C. Mannschreck, J. Gьndel // *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* - 1997. - V. 70, N6. - P. 365 - 377.
2. Szczeklik J. Metabolic polymorphisms and biomarkers of exposition to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) / J. Szczeklik // *Przegl. Lek.* - 2005. - V. 62, N 12. - P. 1542 - 1545.
3. Benzo[a]pyrene Reduces Testosterone Production in Rat Leydig Cells via a Direct Disturbance of Testicular Steroidogenic Machinery / Chung J.-Y., Kim Y.-J., Kim J. Y. [et al.] // *Environ. Health. Perspect.* - 2011. - V. 119, N 11. - P. 1569 - 1574.
4. Nucleotide excision repair polymorphisms, polycyclic aromatic hydrocarbon exposure, and their effects on sperm deoxyribonucleic acid damage and male factor infertility / Gu A., Ji G., Zhu P. [et al.] // *Fertil Steril.* - 2010. - V. 94, N 7. - P. 2620 - 2625.
5. Association between Urinary Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Metabolites and Sperm DNA Damage: A Population Study in Chongqing, China / Han X., Zhou N., Cui Z. [et al.] // *Environ. Health. Perspect.* - 2011. - V. 119, N 5. - P. 652 - 657.
6. Нікіпелова, О.М. Посібник з методів контролю пелоїдів та препаратів на їх основі. Ч.1. Фізико-хімічні дослідження / МОЗ України, УкрНДІМР та К / О. М. Нікіпелова, Л. Б. Солодова. - О. : Українська видавнича спілка ім. Юрія Липи, 2008. - 100 с.
7. ISO 28540:2011 Качество воды. Определение 16 полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в воде. Метод с использованием газовой хроматографии с масс-спектрометрическим обнаружением.
8. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Composition and Potential Sources for Sediment Samples from the Beaufort and Barents Seas / Yunker M.B., Snowdon L.R., MacDonald R.W. [et al.] // *Environ.Sci. Technol.* - 1996. - V. 30, N 4. - P. 1310 - 1320.
9. Traven L. CYP1A induction potential and the concentration of priority pollutants in marine sediment samples – In vitro evaluation using the PLHC-1 fish hepatoma cell line / L.Traven, R. Zaja, J. Loncar // *Toxicology in vitro.* – 2008. – V. 22 – N 6. – P. 1648 – 1656.
10. Magi E. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of Adriatic

- sea / E. Magi, R. Bianco, C. Ianni // Environmental pollution. – 2002. – V. 119. – P. 91-98.
11. International agency for research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. – IARC. – Lyons. – 1987.
 12. Peters C.A. Long-term composition dynamics of PAH-containing NAPLs and implications for risk assessment / C.A. Peters, C.D. Knightes, D.G. Brown // Environ.Sci.Technol. – 1999. – V. 33. – P. 4499 – 4507.
 13. Tsai P.-J. Assessing and predicting the exposures of polycyclic aromatic hydrocarbons and their carcinogenic potencies from vehicle engine exhausts to highway toll station workers / P.-J. Tsai, T.-S. Shih, H.-L. Chen // Atmos.Environ. – 2004. – V. 38. – P. 333 – 343.
 14. Soclo H. Etude de la distribution des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans les Serdiments Marins Rercents, Identification des Sources / H. Soclo // Ph.D. Thesis. – University Bordeaux I. – Bordeaux, France. – 1986.
 15. Schulz H.-M. Sources and pathways of natural and anthropogenic hydrocarbons into the natural dump Arkona Basin (southern Baltic Sea) / H.-M. Schulz, K.-C. Emeis // Environ. Geology. - 2000. - V. 39, N 8. - P. 839 - 848.
 16. Mannino M.R. PAHs in indoor dust matter of Palermo area: extraction, GC-MS analysis, distribution and sources / M.R. Mannino, S. Orrechio // Atmos.Environ. - 2008. - V. 42. - P. 1801 - 1817.

*Впервые поступила в редакцию 08.06.2012 г.
Рекомендована к печати на заседании
редакционной коллегии после рецензирования*

Резюме

ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПЕЛОЇДІВ ШАБОЛАТСЬКОГО (БУДАКСЬКОГО) ЛИМАНУ ПОЛІЦИКЛІЧНИМИ АРОМАТИЧНИМИ ВУГЛЕВОДНЯМИ (ПАВ)

*Мокієнко А.В., Нікіпелова О.М.,
Цимбалюк К.К., Солодова Л.Б.,
Шевченко М.В.*

Представлена характеристика антропогенного забруднення пелоїдів Шаболатського (Будакського) лиману поліциклічними ароматичними вуглеводнями (ПАВ). Отримані дані свідчать про персистуючий характер антропогенного впливу на досліджену акваторію Шаболатського (Будакського) лиману, імовірним джерелом якого є як низько-, так і високотемпературні (піролітичні) процеси.

Ключові слова: лиман, пелоїди, поліциклічні ароматичні вуглеводні

Summary

DESCRIPTION OF ANTHROPOGENIC CONTAMINATION OF MUDS OF SHABOLATSKY (BUDAKSKY) ESTUARY BY POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAH)

*Mokiyenko A.V., Nikipelova H.M.,
Cimbaluk K.K., Solodova L.B.,
Shevchenko M.V.*

Description of anthropogenic contamination of muds of Shabolatsky (Budaksky) estuary by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) is presented. The obtained data testify about persistents character of anthropogenous influence on the investigated water area of the Shabolatsky (Budaksky) estuary which probable source are as low - and high-temperature (pyrolytic) processes.

Keywords: estuaries, muds, polycyclic aromatic hydrocarbons