

# Оценка содержания СОЗ и тяжелых металлов в тканях и органах байкальской нерпы

Соловьёва М.А., Глазов Д.М., Рожнов В.В.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

**Введение.** Токсикологические исследования байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) важны для оценки благополучности экосистемы озера Байкал, так как тюлени являются индикаторами его состояния. Ранее исследовалось содержание ХОП, ПХБ и ртути. Работы по содержанию в тюленях других поллютантов отсутствуют.

**Материалы и методы.** У 4 павших нерп (2♀, 2♂) отобрали образцы печени, почек, жира, у 1 нерпы - образец мышц. Методом хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения с изотопным разбавлением оценивали содержание СОЗ (ХОП, ПХБ (в т. ч. — планарных диоксиноподобных), ПБДЭ, токсафенов, n-алканов, ПАУ) и тяжёлых металлов (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, As, Ni, Cr, Fe, Mn). Значения указаны в нг/г липидов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**ХОП** среди всех СОЗ занимают первое место по концентрации в тканях и органах байкальской нерпы. Среди ХОП наибольший вклад в загрязнение нерпы вносят ДДТ и его химические производные (рис. 1). Суммарные концентрации этих веществ высоки (до 79288 нг/г липидов) и вызывают беспокойство: не исключено влияние на здоровье нерп. Соотношение ДДЕ/ДДТ говорит о том, что свежее поступление ДДТ в экосистему отсутствует, однако снижения содержания ДДТ по сравнению с данными 1997-2017 гг. (Mamontov et al., 2019) не выявлено. Количество ГХЦГ (почти во всех образцах — до 36.2 нг/г, и лишь в одном образце печени — 111.1 нг/г) не вызывает опасений, количество ГХБ (от 4.6 до 141 нг/г) увеличилось по сравнению с предыдущими исследованиями (Tsydenova et al., 2004). Впервые для байкальской нерпы был исследован полный профиль хлорданов. Получены крайне высокие значения для оксихлордана (до 2297 нг/г), которые могут влиять на здоровье нерп.

**ПХБ** занимают второе место по содержанию в тканях и органах нерпы (рис. 1). Впервые для байкальской нерпы был проанализирован не только общий уровень содержания ПХБ, но и распределение его компонентов по количеству атомов хлора. Доминируют соединения с 6 атомами хлора, а наибольшее количество ПХБ содержится в печени (до 41208 нг/г). Содержание ПХБ сопоставимо или ниже определенных в других исследованиях (Nakata et al., 1997; Tsydenova et al., 2004) и ниже пороговых значений для воздействия на организм (Kajiwara, 2008).

**Другие СОЗ:** Уровни ПБДЭ в жире (4.3-5.1 нг/г для ♀ и 12.2-45.8 нг/г — для ♂) в сравнении с предыдущими исследованиями (Isobe et al., 2009) не вызывают опасений. N-алканы, различающиеся количеством углеродных атомов, распределены нехарактерно: в печени распределение плавное (рис. 2а), в жире — унимодальное (рис. 2б). Среди ПАУ обнаружены крайне высокие уровни содержания ретена, который образуется при лесных пожарах (в печени и почках одной особи было определено 13737 и 30762 нг/г соответственно).

**Тяжёлые металлы:** Концентрация мышьяка (до 0.89 мкг/г) крайне высока по сравнению с предыдущими исследованиями (Anan et al., 2002). Содержание ртути (0.67±0.69 мкг/г) превышает предельно допустимые концентрации в органах диких животных (СанПиН 2.3.2.1078-01, содержание кадмия сопоставимо с ПДК (0.35±0.13 мкг/г). Прочие тяжёлые металлы обнаружены в невысоких концентрациях и не вызывают опасения.

**Благодарности:** авторы выражают благодарность Фонду фундаментальных и прикладных экологических исследований «Озеро Байкал» и компании En+ за финансовую поддержку сбора материала и проведения данного исследования.

**Literature:**  
Anan Y., Kunito T., Ikemoto T., Kubota R., Watanabe I., Tanabe S., et al., Elevated concentrations of trace elements in Caspian seals (*Phoca caspica*) found stranded during the mass mortality events in 2000. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2002. V. 42. P. 354-362.  
Isobe T., Ochi Y., Imada D., Sakai H., Hirakawa S., Tsydenova O., Takahashi S. Contamination status of brominated flame retardants (BFRs) in Baikal seals (*Pusa sibirica*) // Interdisciplinary studies on environ chem-environ research in Asia - 2009 - C. 119-124.  
Kajiwara N., Watanabe M., Wilson S., Eibatov T., Mitrofanov I. V., Aubrey D. G., Khuraskin L. S., Miyazaki N., Tanabe S., Persistent organic pollutants (POPs) in Caspian seals of unusual mortality event during 2000 and 2001, Environmental Pollution, 2008. V. 152. P. 431-442.  
Mamontov A. A., Mamontova E. A., Tarasova E. N. Persistent Organic Pollutants in Baikal Seal (*Pusa sibirica*) Blubber // Russ. J. Gen. Chem. 2019. T. 89. No 13. C. 2791-2797.  
Nakata H., Tanabe S., Tatsuoka R., Amano M., Miyazaki N., Petrov E. A. Bioaccumulation Profiles of polychlorinated biphenyls including coplanar congeners and possible toxicological implications in Baikal seal (*Phoca sibirica*). Environmental Pollution, Vol. 95, No. 1, 57-65, 1997.  
Tsydenova, O., Minh, T. B., Kajiwara, N., Bateev, V., & Tanabe, S. Recent contamination by persistent organochlorines in Baikal seal (*Phoca sibirica*) from Lake Baikal, Russia // Marine pollution bulletin. - 2004. - T. 48. - №. 7-8. - С. 749-758.

# Content of POPs and heavy metals in Baikal seals.

M.A. Solovyeva, D.M. Glazov, V.V. Rozhnov

IEE RAS, Russia



**Introduction.** Toxicological studies of the Baikal seal (*Pusa sibirica*) are important for assessing the health of the ecosystem of Lake Baikal, since seals are indicators of its condition. Previously, the content of OCPs, PCBs and mercury was studied. There are no works on keeping other pollutants in seals.

**Materials and methods.** Samples of liver, kidney, fat were taken from 4 dead seals (2♀, 2♂) and muscle — from 1 seal. High-resolution chromatography-mass spectrometry with isotope dilution was used to estimate the content of POPs (OCPs, PCBs (including planar dioxin-like ones), PBDEs, toxaphenes, n-alkanes, PAHs) and heavy metals (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, As, Ni, Cr, Fe, Mn). Values are indicated in ng/g in lipids.

## RESULTS AND DISCUSSION

**OCPs** rank first among all POPs in terms of concentration in tissues and organs of the Baikal seal. Among OCPs, DDT and its chemical derivatives make the greatest contribution to seal pollution (fig. 1). The total concentrations of these substances are high (up to 79288 ng/g lipids) and cause concern: the impact on the health of seals is possible. The DDE/DDT ratio indicates that there is no fresh input of DDT into the ecosystem, however, a decrease in the DDT content compared to the 1997-2017 data (Mamontov et al., 2019) not identified. The amount of HCH (in almost all samples - up to 36.2 ng/g, and only in one liver sample - 111.1 ng/g) is not a concern, the amount of HCB (from 4.6 to 141 ng/g) increased compared to previous studies (Tsydenova et al., 2004). The full profile of chlordanes studied for Baikal seals for the first time. Extremely high values obtained for oxychlordanes (up to 2297 ng/g), which can affect the health of seals.

**PCBs** rank second in terms of content in the tissues and organs of the seal (fig. 1). For the first time for the Baikal seal, not only the total level of PCBs content was analyzed, but also the distribution of its components by the amount of chlorine elements. Compounds with 6 chlorine atoms dominate, with the largest amount of PCBs in the liver (up to 41208 ng/g). The content of PCBs is comparable or lower than those determined in other studies (Nakata et al., 1997; Tsydenova et al., 2004) and below the threshold values for exposure to the body (Kajiwara, 2008).

**Other POPs:** Levels of PBDEs in fat (4.3-5.1 ng/g for ♀ and 12.2-45.8 ng/g for ♂) compared to previous studies (Isobe et al., 2009) are not alarming. N-alkanes, differing in the number of carbon atoms, are distributed uncharacteristically: in the liver, the distribution is smooth (fig. 2a), in fat - unimodal (fig. 2b). Among PAHs, extremely high levels of the content of retene, which is formed during forest fires, were found (13737 and 30762 ng/g were determined in the liver and kidneys of one individual, respectively).

**Heavy metals:** The concentration of arsenic (up to 0.89 µg/g) is extremely high compared to previous studies (Anan et al., 2002). The content of mercury (0.67 ± 0.69 µg/g) exceeds the maximum permissible concentration (MPC) in the organs of wild animals (SanPiN 2.3.2.1078-01), the content of cadmium is comparable to the MPC (0.35 ± 0.13 µg/g). Other heavy metals are found in low concentrations and

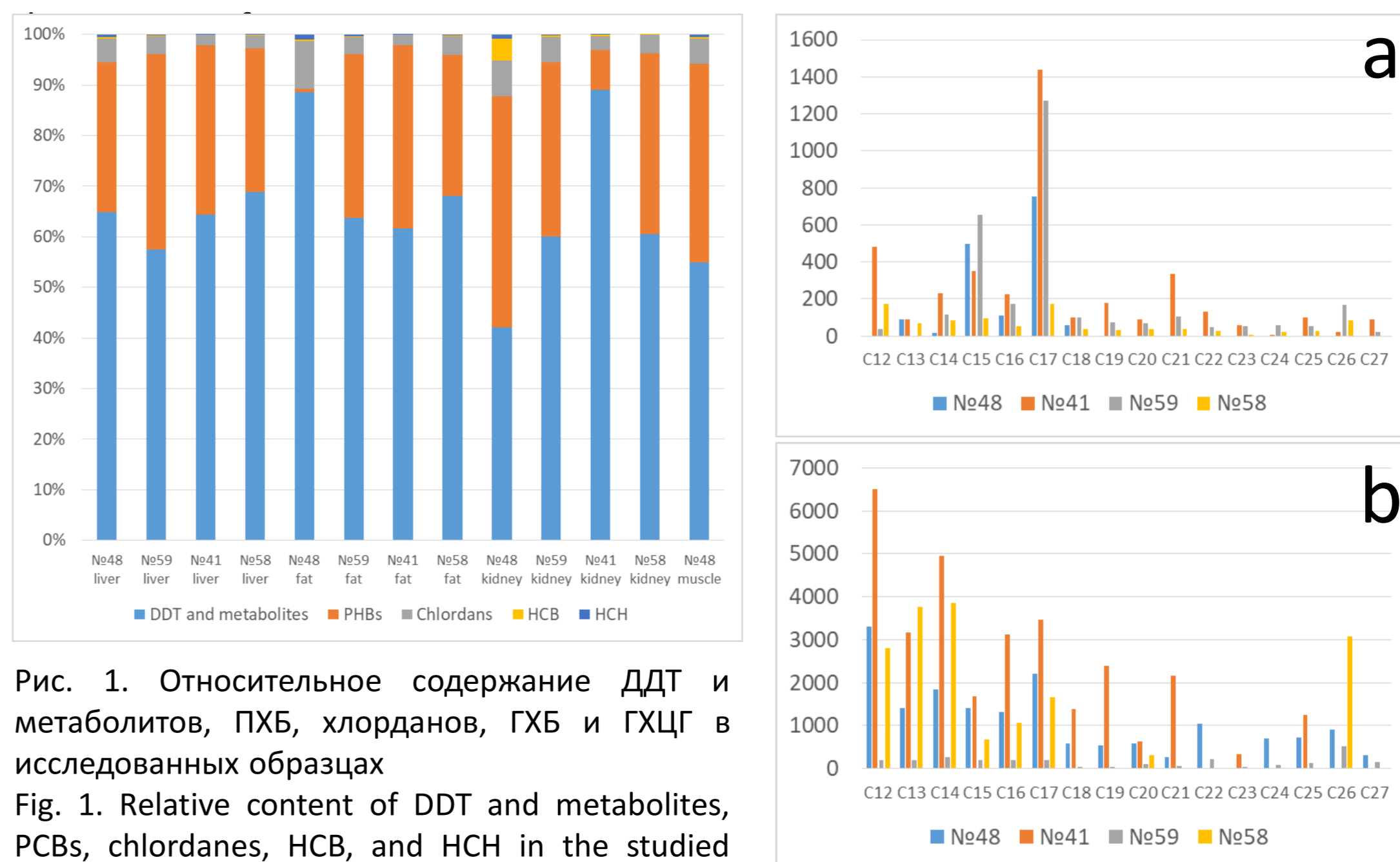


Рис. 1. Относительное содержание ДДТ и метаболитов, ПХБ, хлорданов, ГХБ и ГХЦГ в исследованных образцах  
Fig. 1. Relative content of DDT and metabolites, PCBs, chlordanes, HCB, and HCH in the studied samples

Рис. 2. Распределение n-алканов (нг/г липидов) в исследованных образцах а) печени, б) жире  
Fig. 2. Distribution of n-alkanes (ng/g in lipids) in samples of а) liver, б) fat