

УДК 551.464.3

В.И. ПЕТУХОВ, Е.А. ПЕТРОВА, О.В. ЛОСЕВ

## Тяжелые металлы и нефтепродукты в водах залива Угловой (Амурский залив, Японское море) в теплый и холодный периоды года

*По материалам зимней (февраль) и осенней (сентябрь) съемок 2016 г. исследовано содержание тяжелых металлов (Cu, Pb, Fe, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Zn, Hg, As) и нефтепродуктов в водах зал. Угловой, а также дана краткая характеристика гидрохимических параметров (соленость, растворенный кислород, перманганатная окисляемость) вод исследуемой акватории. Проанализированы источники поступления загрязняющих веществ в залив. Показано, что загрязнение зал. Угловой происходит непрерывно в результате хозяйственной деятельности на его побережье. Самый высокий уровень загрязнения выявлен в зимний период на станциях основной части исследуемой акватории. Немаловажным фактором, повлиявшим на распределение загрязняющих веществ в водах залива в теплый период, был тайфун Лайонрок, который прошел накануне отбора проб. Представлен расчет индекса загрязненности вод и интегрального показателя загрязненности воды  $Z_n$ .*

*Ключевые слова: залив Угловой, тяжелые металлы, нефтепродукты, соленость, растворенный кислород, перманганатная окисляемость, пространственное распределение, индекс загрязненности вод, интегральный показатель загрязненности воды.*

**Heavy metals and petroleum hydrocarbons in the waters of the Uglovoy Bay (the Amur Bay, the Sea of Japan) in the warm and cold seasons.** V.I. PETUKHOV<sup>1</sup>, E.A. PETROVA<sup>2</sup>, O.V. LOSEV<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, <sup>2</sup>V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

*The content of heavy metals (Cu, Pb, Fe, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Zn, Hg, As) and petroleum hydrocarbons in the waters of the Uglovoy Bay have been studied using the materials of the winter (February) and autumn (September) surveys of 2016. A brief description of the hydrochemical parameters (salinity, dissolved oxygen, permanganate oxidability) of the waters of the investigated water area is also given. The sources of pollutants entering the investigated water area are analyzed. It is shown that the pollution of the Uglovoy Bay occurs continuously as a result of economic activity on its coast. The highest level of pollution was detected in winter at the stations of the main part of the investigated water area. An important factor that influenced the distribution of pollutants in the waters of the bay in the warm period was the Lionrock typhoon, which took place on the eve of sampling. The calculations of the water pollution index and the integral water pollution index ( $Z_n$ ) are presented.*

*Key words: Uglovoy Bay, heavy metals, petroleum hydrocarbons, salinity, dissolved oxygen, permanganate oxidability, spatial distribution, water pollution index, integral water pollution index.*

Залив Угловой расположен в северо-восточной части Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море). В заливе выделяются две части: сам залив (основная часть) и его горло (пролив). В основной части залива преобладающая глубина 1,5–2,0 м. В проливе наблюдается резкое повышение глубины до 4–10 м. Две части залива Угловой разделены естественным барьером – двумя длинными песчаными косами между мысами

\*ПЕТУХОВ Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, ЛОСЕВ Олег Валерьевич – аспирант, инженер (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ПЕТРОВА Евгения Александровна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток). \*E-mail: petukhovv@mail.ru

Раздельный и Спорный, а также подводным порогом, состоящим из нескольких устричных рифов. По дну горла залива от мыса Утонувших до мыса Топкий проложен дюкер канализационного коллектора, который вместе с береговыми насыпями осложняет водообмен между основной частью залива и горлом. Низководный мост «Де-Фриз–Седанка» и насыпные дамбы оказывают значительное влияние на обмен вод исследуемой акватории с северной частью Амурского залива. Совместное влияние речного стока, ветровых и приливно-отливных течений создает сложную структуру динамики вод в заливе [9].

В настоящее время оценка экологического состояния прибрежных акваторий имеет очень важное значение. Несмотря на близость залива и его доступность для изучения, опубликованных данных по нему мало.

Концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) в морской воде прибрежных районов может значительно изменяться в пределах года под влиянием множества факторов: гидрометеорологических условий, динамических процессов, величины речного стока, объема поступления ЗВ и активности биоты. Залив Угловой является рекреационной местностью и имеет водоохраные зоны. Несмотря на это, его воды подвержены значительному антропогенному воздействию. Наиболее распространенные ЗВ прибрежных районов – тяжелые металлы (ТМ) и нефтепродукты (НП). Основными источниками загрязнения исследуемой акватории являются сток рек Аэродромная, Песчанка, Грязнуха, Саперка, в которые поступают промышленные и бытовые стоки г. Артем и г. Владивосток, а также адвекция вод из северной части Амурского залива.

Основная причина вариации внутригодового стока рек, впадающих в заливы Амурский и Угловой, – муссонный климат. Ежегодный приход тропических тайфунов сопровождается сильными дождями, ураганными ветрами, штормами с формированием нагонных волн, наводнениями и паводком на реках [2]. Выносимый реками материал в своей основной массе накапливается в прибрежных мелководьях и эстуариях рек. В ночь с 30 на 31 августа 2016 г. на южное Приморье обрушился тайфун Лайонрок, за несколько дней выпала трехмесячная норма осадков. Максимальное количество осадков (34 мм) в г. Владивосток зафиксировано 1 сентября [1]. Данный факт является важным, так как предшествовал осеннему отбору проб.

Поступление ЗВ также возможно в результате плоскостного смыва с промышленного ландшафта и других источников. На побережье залива расположены производственные корпуса, склады, железнодорожная и автодорожная инфраструктуры. Важным событием с точки зрения экологического состояния исследуемой акватории было завершение в 2012 г. строительства низководного моста (в горле залива), который стал дополнительным источником поступления ЗВ.

Современное состояние прибрежных акваторий зал. Петра Великого, испытывающих значительный антропогенный пресс, приводит к нарушению природного фона токсичных элементов в морской среде, которое негативно влияет на существование гидробионтов [3, 5]. Цель настоящей работы – исследование содержания ТМ и НП в водах зал. Угловой в теплый и холодный периоды года.

## Материалы и методы

В работе использованы материалы зимнего (16.02.2016 г.) и осеннего (19.09.2016 г.) отборов проб воды в зал. Угловой, проведенных Инженерной школой ДВФУ совместно с ТОИ ДВО РАН. Пробы воды отбирали с поверхностного и придонного горизонтов на 13 станциях зимой и 22 станциях осенью (рис. 1).

Анализ проб воды на содержание в них ТМ и НП, а также определение перманганатной окисляемости (ПО) выполнены в Межведомственном центре аналитического контроля состояния окружающей среды (МЦАК) ДВФУ. Содержание ТМ (Cu, Pb, Fe, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Zn, Hg, As) в морской воде определяли методом атомно-абсорбционной

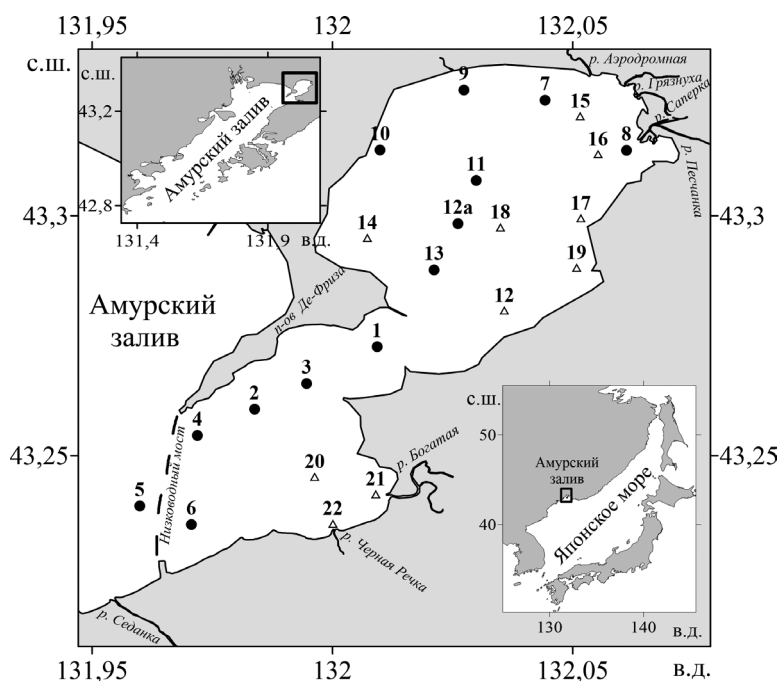


Рис. 1. Схема распределения станций отбора проб воды в зал. Угловой (● – станции отбора проб в холодный и теплый, Δ – в теплый периоды года)

спектрометрии [8, 10, 11], НП – методом инфракрасной спектрометрии [13], ПО – в соответствии с ГОСТ 26449.1-85 [4]. Определение гидрохимических параметров (соленость и растворенный в воде кислород) выполнено в лаборатории ТОИ ДВО РАН. Соленость определяли на солемере Autosal 8400В (Канада), растворенный кислород – методом Винклера. Для оценки загрязнения вод зал. Угловой был рассчитан индекс загрязненности вод (ИЗВ) в соответствии с методическими рекомендациями [7] и интегральный показатель загрязненности воды ( $Z_n$ ) [12].

## Результаты и обсуждение

Распределение основных гидрохимических параметров, таких как соленость, растворенный в воде кислород и ПО, оказывает значительное влияние на содержание ТМ в морской воде.

Пространственное распределение солености в холодный и теплый периоды года представлено на рис. 2. Величина солености в зал. Угловой определяется в основном речным стоком и водообменом. По результатам зимней съемки значения данного параметра изменялись в пределах 9,0–37,1 ‰, при этом минимальные величины получены в северо-восточной части зал. Угловой, на ст. 8, в зоне влияния речного стока (р. Песчанка). Максимальные значения солености получены на западе исследуемой акватории (ст. 9 и 10), что связано с застойными явлениями и слабым водообменом. Как видно из рис. 2А, между распресненными и морскими водами наблюдался отчетливый фронт. Речные воды распространялись вдоль восточного побережья залива. В горле соленость изменялась в пределах от 33,7 до 34,8 ‰, что типично для вод кутовой части Амурского залива в зимний период [6]. С глубиной значения солености практически не изменялись.

Осенью в результате значительного влияния осадков, речного стока и активации динамических процессов (накануне отбора проб прошел тайфун Лайонрок) величина

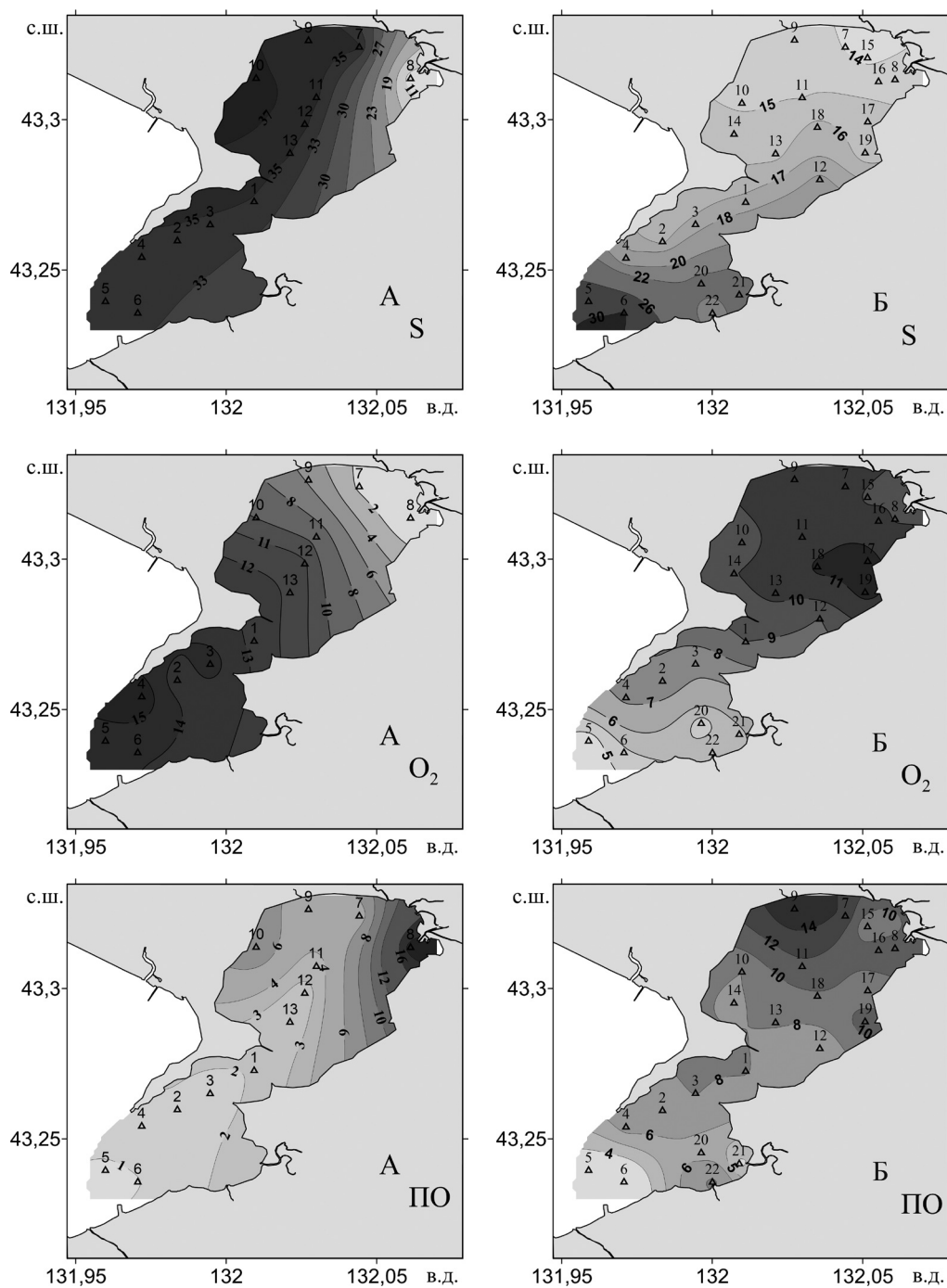


Рис. 2. Пространственное распределение солёности (S, ‰), растворенного кислорода ( $O_2$ , мг/л) и перманганатной окисляемости (ПО, мг $O_2$ /л) на поверхности зал. Угловой в феврале (А) и сентябре (Б) 2016 г.

солёности на исследуемой акватории была значительно ниже, чем зимой, и изменялась в пределах 13,8–30,2 ‰ на поверхности и 14,5–31,1 ‰ у дна. Характерной чертой пространственного распределения солёности в сентябре является увеличение ее значений по мере продвижения к выходу из залива, причем распресненные воды распространялись вдоль западного его побережья (рис. 2Б).

Количество растворенного в воде кислорода ( $O_2$ ) обуславливается физическими процессами (обмен с атмосферой, динамика вод), а также химическими и биохимическими процессами (фотосинтез и поглощение кислорода живыми организмами, окисление органических и неорганических веществ естественного и антропогенного происхождения). От уровня его содержания зависит интенсивность процессов самоочищения [15].

Зимой содержание  $O_2$  в зал. Угловой изменялось от 1,6 до 15,8 мг/л. Минимальные величины  $O_2$  получены в северо-восточной части залива, в зоне влияния рек Аэродромная и Песчанка (ст. 7 и 8) (рис. 2А). Здесь наблюдалась гипоксия (13 % насыщения), содержание  $O_2$  в 2,5 раза ниже нормативного показателя (4 мг/л), что является опасным для существования гидробионтов. Максимум  $O_2$  (15,8 мг/л, 130 % насыщения) получен на ст. 4 на выходе из горла залива (рис. 2А). Основной чертой пространственного распределения  $O_2$  в феврале являлось плавное увеличение его содержания с севера на юг в сторону кутовой части Амурского залива.

По результатам осеннего отбора проб величина  $O_2$  изменялась в пределах 4,6–11,3 мг/л. Минимальные значения данного параметра также были ниже норматива (6 мг/л), получены в районе низководного моста. Характер пространственного распределения  $O_2$  на поверхности противоположный зимнему. Повышенные значения данного параметра наблюдались в основной части зал. Угловой и снижались к выходу из него (рис. 2Б).

ПО дает возможность судить о степени загрязненности вод органическими веществами. Кроме того, ТМ в воде активно связываются с растворенной органикой, образуя металлоорганические соединения и комплексы. В феврале величина ПО изменялась в пределах 0,9–19,0 мг $O_2$ /л. Максимальные ее значения, полученные в районе стока р. Песчанка (19,0 мг $O_2$ /л, ст. 8) и пос. Зима Южная (8,0 мг $O_2$ /л, ст. 10), указывают на высокую степень загрязнения этих акваторий органическими веществами (рис. 2А).

В сентябре ПО изменялась в пределах 2,0–15,8 мг $O_2$ /л, высокие значения наблюдались практически на всей акватории основной части зал. Угловой (рис. 2Б). Пространственное распределение солености и ПО позволяют считать речной сток основным источником загрязнения залива органическими веществами.

Анализ содержания ТМ в водах зал. Угловой выявил значительную неоднородность распределения различных элементов в пространстве и по глубине. Это связано с сезонной изменчивостью гидрометеорологических параметров, речного стока и динамики вод. Ниже представлено содержание ТМ зимой и осенью на поверхности зал. Угловой (см. таблицу).

В зимний период ледовый покров играет существенную роль в накоплении ЗВ. Благодаря тому что лед сводит к минимуму влияние атмосферы на водные массы, происходит накопление ЗВ в местах их поступления. По результатам зимней съемки в основной части зал. Угловой выявлены высокие содержания Mn (34,60 ПДК, ст. 8 и 4, 65 ПДК, ст. 9), Fe (1,12–13,64 ПДК, ст. 7–10, 12а и 13), Hg (3,07 ПДК, ст. 8), As (1,07–3,07 ПДК, ст. 7–10 и 12а), Cu (2,16 и 1,34 ПДК, ст. 8 и 10 соответственно), Pb (1,11–2,58 ПДК, ст. 9, 10 и 13). Как правило, максимальные концентрации ТМ приурочены к областям, подверженным влиянию речного стока (ст. 7, 8). В западной (ст. 9, 10) и центральной частях залива (ст. 12а, 13) повышенные содержания ТМ связаны со слабым водообменом. На придонном горизонте превышения ПДК исследуемых металлов не обнаружено.

Содержание ТМ зимой в горле залива значительно ниже, чем в основной части исследуемой акватории (см. таблицу). Благодаря наличию больших глубин в проливе водообмен с Амурским заливом здесь не затруднен. Так, в горле зал. Угловой превышений ПДК исследуемых элементов не обнаружено во всей толще вод. Повышенные концентрации здесь получены только для Hg (0,95 ПДК на поверхности и 0,78 ПДК у дна) на ст. 4 в районе низководного моста и Cu (0,82 ПДК на поверхности и 0,92 ПДК у дна) на ст. 1, где проложен дюкер канализационного коллектора.

Осенью в результате увеличения речного стока, активизации гидрометеорологических и динамических процессов содержание ТМ в водах основной части зал. Угловой

**Содержание ТМ (в превышениях ПДК) в водах зал. Угловой  
на поверхности в холодный и теплый периоды года**

№ ст.	Cu	Pb	Fe	Cd	Co	Cr	Mn	Ni	Zn	Hg	As
1	<u>0,82</u> 0,15	<u>0,21</u> 0,04	<u>0,44</u> 0,25	<u>0,03</u> 0	<u>0,04</u> -	<u>0,09</u> 0	<u>0,18</u> 0,06	<u>0,23</u> 0,03	<u>0,14</u> 0,01	<u>0,18</u> 0,42	<u>0,22</u> 0
2	<u>0,80</u> 0,14	<u>0,29</u> 0,05	<u>0,21</u> 0,44	<u>0,05</u> 0	<u>0,03</u> -	<u>0,07</u> 0	<u>0,21</u> 0,10	<u>0,25</u> 0,04	<u>0,09</u> 0,01	<u>0,17</u> 0,63	<u>0,11</u> 0
3	<u>0,54</u> 0,13	<u>0,15</u> 0,05	<u>0,24</u> 0,64	0	<u>0</u> -	0	<u>0,12</u> <b>1,54</b>	<u>0,17</u> 0,05	<u>0,06</u> 0,01	<u>0,22</u> 0,52	<u>0,09</u> 0
4	<u>0,50</u> 0,17	<u>0,17</u> 0,06	<u>0,11</u> 0,74	<u>0,01</u> 0	<u>0,02</u> -	0	<u>0,01</u> 0,10	<u>0,18</u> 0,04	<u>0,09</u> 0,03	<u>0,95</u> <b>1,10</b>	<u>0,05</u> 0,05
5	<u>0,50</u> 0,16	<u>0,21</u> 0,04	<u>0,07</u> 0,37	<u>0,01</u> 0	<u>0,03</u> -	0	<u>0,02</u> 0,06	<u>0,19</u> 0,06	<u>0,12</u> 0,05	<u>0,18</u> <b>3,12</b>	<u>0</u> 0,06
6	<u>0,50</u> 0,29	<u>0,39</u> 0,03	<u>0,11</u> 0,43	<u>0,04</u> 0	<u>0,03</u> -	0	<u>0,03</u> 0,13	<u>0,19</u> 0,11	<u>0,08</u> 0,18	<u>0,39</u> <b>2,95</b>	<u>0,05</u> 0,05
7	<u>0,66</u> 0,08	<u>0,69</u> 0,03	<b>2,30</b> 0,47	<u>0,03</u> 0	<u>0,10</u> -	<u>0,06</u> 0	<u>0,95</u> 0,15	<u>0,23</u> 0	<u>0,09</u> 0,01	<u>0,62</u> 0,89	<b>1,07</b> 0
8	<b>2,16</b> 0,16	0,13 0,03	<b>13,64</b> 0,76	0,14 0	<u>0,06</u> -	<u>0,08</u> 0	<b>34,60</b> 0,09	0,65 0,06	0,35 0,02	<b>3,07</b> 0,75	<b>1,72</b> 0
9	<u>0,96</u> 0,08	<b>1,11</b> 0,03	<b>6,68</b> 0,28	<u>0,06</u> 0	<u>0,15</u> -	<u>0,08</u> 0	<b>4,65</b> 0,21	0,26 0	<u>0,43</u> 0,01	<u>0,74</u> 0,23	<b>2,25</b> 0
10	<b>1,34</b> 0,11	<b>1,44</b> 0,04	<b>1,14</b> 0,42	<u>0,22</u> 0	<u>0,07</u> -	<u>0,23</u> 0	0,63 0,13	0,27 0,02	0,56 0,01	0,25 0,36	<b>1,11</b> 0
11	<u>0,52</u> 0,11	<u>0,38</u> 0,04	<u>0,96</u> 0,24	<u>0,04</u> 0	<u>0,05</u> -	<u>0,04</u> 0	<u>0,47</u> 0,19	<u>0,21</u> 0,05	<u>0,07</u> 0,02	<u>0,30</u> 0,77	<u>0,40</u> 0
12a, 12	<u>0,48</u> 0,12	<u>0,20</u> 0,03	<b>1,12</b> 0,31	<u>0,15</u> 0	0 -	<u>0,01</u> 0	0,48 0,04	0,20 0,05	0,14 0,02	0,42 0,78	<b>3,07</b> 0
13	<u>0,50</u> 0,13	<b>2,58</b> 0,03	<b>5,08</b> 0,43	<u>0,34</u> 0	<u>0,19</u> -	<u>0,58</u> 0	<u>0,23</u> 0,09	<b>4,98</b> 0,06	<u>0,74</u> 0,02	<u>0,99</u> 0,81	<u>0,42</u> 0
14	- 0,08	- 0,04	- 0,81	= 0	-	= 0	- 0,11	- 0,02	= 0	- 0,27	= 0
15	- 0,07	- 0,03	- 0,58	= 0	-	= 0	- 0,04	= 0	- 0,01	- 0,25	= 0
16	- 0,17	- 0,03	- 0,38	= 0	-	= 0	- 0,17	- 0,06	- 0,02	- 0,69	= 0
17	- 0,10	- 0,02	- 0,68	= 0	-	= 0	- 0,10	- 0,02	- 0,03	- <b>1,12</b>	= 0
18	- 0,09	- 0,03	- 0,31	= 0	-	= 0	- 0,16	= 0	- 0,03	- <b>1,56</b>	= 0
19	- 0,10	- 0,02	- 0,79	= 0	-	= 0	- 0,18	= 0	- 0,02	- 0,89	= 0
20	- 0,12	- 0,04	- 0,30	= 0	-	= 0	- 0,09	- 0,08	- 0,02	- 0,92	= 0
21	- 0,11	- 0,04	- 0,31	= 0	-	= 0	- 0,12	- 0,04	- 0,02	- 0,82	= 0
22	- 0,10	- 0,03	- 0,42	= 0	-	= 0	- 0,15	- 0,05	- 0,02	- 0,87	= 0

Примечание. В числителе – февраль, в знаменателе – сентябрь; станция 12а – февраль, станция 12 – сентябрь; 0 – аналитический ноль; прочерк – пробоотбор не производился; полужирным шрифтом выделены концентрации, превышающие ПДК.

значительно снизилось. Превышение нормативного показателя обнаружено только для Hg (1,56 ПДК на поверхности и 1,24 ПДК у дна) на ст. 18 в центральной части залива и на ст. 17 (1,12 ПДК на поверхности) в районе мыса Вязкий (см. таблицу).

В горле залива по результатам осеннего отбора проб содержание ТМ в воде было несколько выше, чем зимой (см. таблицу). Большинство исследуемых элементов не превышали ПДК во всей толще вод. Исключение составили Hg (1,10–3,12 ПДК на поверхности

и 1,00–1,04 ПДК у дна) и Fe (1,00–1,04 ПДК у дна) в районе низководного моста, а также Mn (1,54 ПДК на поверхности) в центральной части пролива.

Загрязнение НП для морской среды не менее опасно, чем ТМ. Хроническое загрязнение НП негативно сказывается на кормовой базе, особенно бентоса, также снижается биопродуктивность [14].

Пространственное распределение содержания НП на поверхности исследуемой акватории в холодный и теплый периоды года представлено на рис. 3. В феврале на поверхности основной части зал. Угловой содержание НП изменялось в пределах от 0,041 до 0,184 мг/л (0,8–3,7 ПДК). Максимальные концентрации получены в районе с. Прохладное и в центральной части залива (рис. 3А).

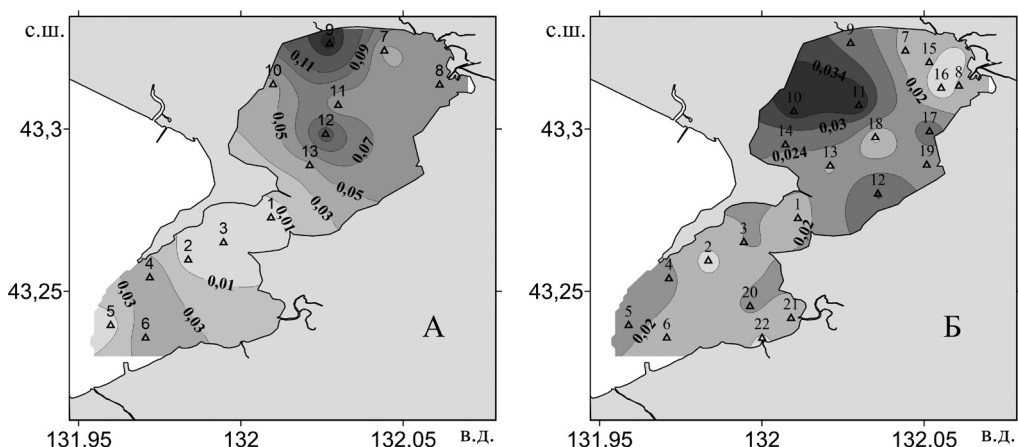


Рис. 3. Распределение нефтепродуктов (мг/л) на поверхности зал. Угловой в феврале (А) и сентябре (Б) 2016 г.

В горле залива по результатам зимнего отбора проб на поверхности содержание НП составило 0–0,048 мг/л (0–0,96 ПДК), превышений нормативного показателя не выявлено. Повышенные концентрации данного параметра (0,94 и 0,96 ПДК на ст. 6 и 4 соответственно) обнаружены в районе низководного моста, что указывает на наличие там источника загрязнения (рис. 3А). В придонном горизонте содержание НП изменялось в пределах 0–0,185 мг/л (0–3,7 ПДК), максимальная концентрация НП получена только на ст. 5 (3,7 ПДК) на выходе из зал. Угловой. Вероятно, это связано с адвекцией вод из кутовой части Амурского залива. На всех остальных станциях превышений ПДК по НП не наблюдалось (рис. 3А).

Осенью, в отличие от зимнего периода, содержание НП во всей толще вод зал. Угловой не превышало ПДК. В основной части залива в сентябре концентрации НП изменялись в пределах 0,012–0,039 мг/л (0,24–0,78 ПДК) на поверхности и 0,017–0,029 мг/л у дна (0,34–0,58 ПДК). Максимальные значения исследуемого параметра получены в западной части залива в районе поселков Зима Южная и Шмидтовка (рис. 3Б). В горле залива по результатам осенней съемки содержание НП в пробах воды изменялось от 0,014 до 0,021 мг/л на поверхности (0,28–0,42 ПДК) и от 0,017 до 0,032 мг/л у дна (0,34–0,64 ПДК). Повышенные концентрации НП наблюдались в районе низководного моста и на выходе из залива (рис. 3Б).

Одним из наиболее распространенных методов описания качества вод и сравнения по этому параметру различных акваторий является использование расчетных значений ИЗВ, которые позволяют отнести воды исследуемой акватории к определенному классу чистоты. По результатам расчета ИЗВ самый высокий уровень загрязнения выявлен в зимний период на станциях основной части исследуемой акватории (III–VI класс качества, «умеренно грязные» – «очень грязные»), исключение составила ст. 11 в центральной части залива (II класс качества, «чистые»). В горле залива зимой уровень загрязнения был значительно ниже (II класс качества, «чистые»), чем в основной части.

Осенью наблюдалась обратная картина. В основной части зал. Угловой воды соответствуют II классу («чистые»), а на станциях вблизи низководного моста (горло залива) в результате усиления материкового стока и динамических процессов наблюдался более высокий уровень загрязнения (III–V класс качества, «умеренно загрязненные» – «грязные»).

Для оценки степени загрязнения вод исследуемой акватории также был рассчитан интегральный показатель загрязненности воды ( $Z_n$ ). Распределение индекса  $Z_n$  на поверхности зал. Угловой в теплый и холодный периоды года представлено на рис. 4.

Зимой в северо-восточной части зал. Угловой в зоне влияния речного стока наблюдался самый высокий уровень загрязнения по индексу  $Z_n$ . Осенью повышенные значения

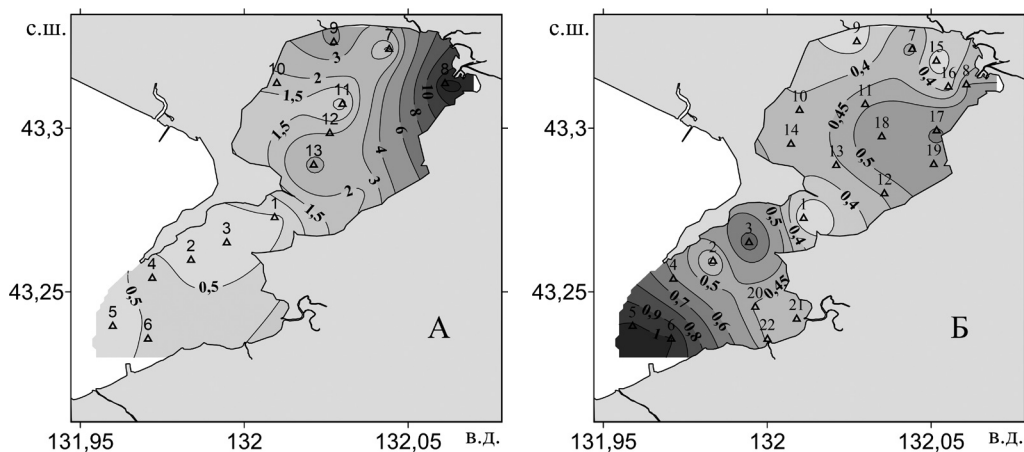


Рис. 4. Распределение загрязнения ТМ и НП в зал. Угловой по значению индекса  $Z_n$  в феврале (А) и сентябре (Б) 2016 г.

интегрального показателя получены на выходе из залива. В целом основные черты пространственного распределения  $Z_n$  на исследуемой акватории соответствуют распределению солёности (рис. 2, 4), из чего можно сделать тот вывод, что основными источниками поступления ЗВ в залив являются речной сток и адвекция морских вод.

## Выводы

Анализ данных, полученных в феврале и сентябре 2016 г., позволил оценить уровень загрязнения зал. Угловой ТМ и НП в холодный и теплый периоды года. Показано, что загрязнение исследуемой акватории происходит непрерывно в результате хозяйственной деятельности на его побережье и имеет сезонную изменчивость. Кроме того, характер распределения ЗВ в отдельных частях залива (в его основной части и горле) разный.

Самый высокий уровень загрязнения ТМ и НП выявлен в зимний период в основной части исследуемой акватории. Максимальные концентрации ЗВ приурочены к районам со слабым водообменом и подверженным влиянию речного стока. Осенью содержание ТМ и НП в водах основной части зал. Угловой значительно снизилось. Это связано с сезонной изменчивостью гидрометеорологических параметров, речного стока и динамики вод. В горле залива содержание ТМ в воде осенью, наоборот, было несколько выше, чем зимой. Содержание НП по материалам осенней съемки во всей толще вод зал. Угловой не превышало ПДК. Максимальные концентрации ЗВ здесь наблюдались в районе низководного моста и на выходе из залива.

Таким образом, показано, что основными источниками поступления ЗВ в зал. Угловой являются речной сток и адвекция вод из кутовой части Амурского залива. Кроме того, наблюдается влияние низководного моста.



По данным расчета ИЗВ, высокий уровень загрязнения отмечен в зимний период на станциях основной части исследуемой акватории (III–VI класс), при этом в горле он был значительно ниже (II класс). Осенью наблюдалась обратная картина. Воды основной части зал. Угловой соответствовали II классу, а в проливе (горле) – III–V классам качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Архив погоды во Владивостоке (30.08.2016–19.09.2016) / ООО «Расписание погоды». СПб. Россия: [сайт]. – [https://rp5.ru/Погода\\_во\\_Владивостоке](https://rp5.ru/Погода_во_Владивостоке).
2. Астахов А.С., Калугин И.А., Аксентов К.И., Дарьин А.В. Геохимические индикаторы палеотайфунов в шельфовых отложениях // Геохимия. 2015. № 4. С. 387–392.
3. Ващенко М.А. Загрязнение залива Петра Великого Японского моря и его биологические последствия // Биология моря. 2000. Т. 26, № 3. С. 149–159.
4. ГОСТ 26449-1-85. Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод.
5. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Тенденции изменения химико-экологической ситуации в прибрежных акваториях Приморья. Токсичные элементы в донных отложениях и гидробионтах // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 310–320.
6. Лучин В.А., Сагалаев С.Г. Океанологические условия в Амурском заливе (Японское море) зимой 2005 г. // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 143. С. 203–218.
7. МР 1988. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988. 9 с.
8. ПНД Ф 14.1:2:4.140-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций бериллия, ванадия, висмута, кадмия, кобальта, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, серебра, сурьмы, хрома в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. М.: Роса, 1998. 28 с.
9. Раков В.А. Распространение и экология устричных рифов северной части Амурского залива // Экол. вестн. 2010. № 4. С. 21–30.
10. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 264 с.
11. РД 52.24.377-2008. Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб. Ростов н/Д: Изд-во Гидрохим. ин-та, 2008. 22 с.
12. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 89 с.
13. РД 52.10.779-2013. Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии. М.: ФГБУ ГОИН, 2014. 19 с.
14. Рыбохозяйственная токсикология: учеб. пособие / Т.С. Пряжевская, С.А. Черкашин. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. 210 с.
15. Христофорова Н.К., Саломай М.С. Химико-экологическая оценка качества прибрежных вод города Владивостока // Исследовано в России: электрон. науч. журн. 2006. Т. 147. С. 1380–1386.