

УДК 621.6.033:656.022.9

**МЕТОД ОЦІНКИ ОБСЯГІВ МАЛИХ РОЗЛИВІВ НАФТИ  
ТА НАФТОПРОДУКТІВ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ**

**О.А. Кравченко**

ст. викладач кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»

*Одеський національний морський університет*

**Анотація.** В статті проаналізовано статистичні дані за кількістю розливів нафти та нафтопродуктів в морських портах. Виявлено та класифіковано фактори, що викликають розлив нафти і нафтопродуктів в морських портах, визначено коефіцієнт оцінки обсягу при розливах нафти малих розмірів. В результаті дослідження встановлено, що облік малих розливів нафти і нафтопродуктів є основою для розробки методів по визначенню величини шкоди при малих розливах нафти і нафтопродуктів, а також вироблення рішень щодо прийняття адекватних дій по його ліквідації.

**Ключові слова:** малі розливи нафти та нафтопродуктів, морські порти, аналіз розливів нафти, коефіцієнт оцінки обсягу розливів.

УДК 621.6.033:656.022.9

**МЕТОД ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ МАЛЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ  
И НЕФТЕПРОДУКТОВ В МОРСКИХ ПОРТАХ**

**А.А. Кравченко**

ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация флота и технология морских перевозок»

*Одесский национальный морской университет*

**Аннотация.** В статье проанализированы статистические данные по количеству разливов нефти в морских портах. Выявлены и классифицированы факторы, вызывающие разлив нефти и нефтепродуктов в морских портах, определен коэффициент оценки объемов разливов нефти малых размеров. В результате исследования установлено, что учет малых разливов нефти и нефтепродуктов является основой для разработки методов по определению величины ущерба при малых разливах нефти и нефтепродуктов, а также выработки решений по принятию адекватных действий по его ликвидации.

**Ключевые слова:** малые разливы нефти и нефтепродуктов, морские порты, анализ разливов нефти, коэффициент оценки объемов разливов.

UDC 621.6.033:656.022.9

**METHOD ASSESSMENT OF THE SIZE OF THE SMALLEST CATEGORY  
OIL AND PETROLEUM PRODUCTS SPILLS IN THE SEAPORTS**

**A.A. Kravchenko**

Senior Lecturer

of the Department «Fleet Operation and Technology of Maritime Transportation»

*Odessa National Maritime University*

***Abstract.** In article statistical data by the number of oil spills in seaports are analyzed. The factors causing oil and oil products spills in seaports are revealed and classified, the coefficient of assessment of volumes of oil spills of the small sizes is defined. As a result of a research it is established that accounting of small oil and oil products spills is a basis for development of methods by determination of value of damage at small oil and oil products spills and also development of solutions on acceptance of adequate actions for its elimination.*

***Keywords:** small spills of oil and oil products, seaports, analysis of the oil spill, the coefficient estimates on oil spills.*

**Постановка проблеми.** Розливи нафти і нафтопродуктів становлять значну небезпеку, обумовлюючи великі економічні втрати, приводячи до погіршення екологічної обстановки, впливаючи на стан здоров'я людей.

Збільшення обсягів перевезень нафти і нафтопродуктів морем, збільшення кількості та розмірів суден, що заходять в порти для бункерування, вимагають постійного проведення аналізу причин і обліку обсягів розливів нафти і нафтопродуктів в акваторії портів, для розробки і прийняття адекватних заходів щодо підвищення безпеки з метою зменшення економічних втрат, і екологічних впливів нафти, що розливається у навколишнє середовище.

Організація робіт в морських портах при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру, згідно до статті 12 Закону України «Про морські порти України» [1], покладено на Адміністрацію морських портів України, а також на суб'єкти господарювання, які здійснюють свою діяльність у морському порту, які зобов'язані вживати невідкладних заходів для ліквідації наслідків стихійного лиха, аварій та катастроф.

На підставі закону «Про морські порти України», в кожному порту розробляється «Інструкція з управління безпекою судноплавства на акваторії порту». Однак, в документах, вказується лише місце в акваторії порту, де можуть статися розливи нафти і нафтопродуктів. При цьому не вказуються можливі причини розливу нафти, відсутні критерії щодо

визначення розмірів розливів нафти, а відповідно, і рекомендації щодо усунення розливів нафти і нафтопродуктів в залежності від розмірів і причин розливів.

Історично, розливи, як правило, класифікуються за розміром: малі (менше 7 т), середні (7-700 т) і великі (понад 700 т) [2]. Розміри розливів нафти і нафтопродуктів визначають кількість і вид технічних засобів, хімічних препаратів, кількість задіяних суб'єктів при прийнятті заходів щодо запобігання та усунення наслідків розливів в акваторії портів.

Розлив нафти в акваторії морського порту з тих чи інших причин може статися:

- з причалу іншого берегового об'єкта, що межує з акваторією порту (з ливнестоку, з території);

- з судна під час його підходу / відходу і стоянки біля причалу, або під час проходження по акваторії і підхідному шляху до неї.

З огляду на необхідність вдосконалення системи управління безпекою на акваторії порту, актуальним є аналіз причин розливів нафти і визначення критеріїв для оцінки обсягів розливів нафти і нафтопродуктів як наукова основа для вдосконалення заходів щодо забезпечення екологічної безпеки при заході суден в морські порти.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основні наукові положення щодо аналізу та обліку розливів нафти і нафтопродуктів ґрунтуються на статистичних даних, представлених у звітах світових брокерів, таких як ІТОРФ [2], британське суднове агентство Clarksons [3], а також у відомих статистичних дослідженнях ЦНИИМФ [4].

Питання обліку та аналізу розливів нафти і нафтопродуктів присвячено значну кількість наукових робіт. В роботі [5] запропоновано методика визначення розрахункової частоти розливів нафти з двох пошкоджених танків на акваторії морського порту. В роботі [6] розглянуто різні аспекти аналізу ризиків для водних екосистем при аварійних розливах нафти і нафтопродуктів, методика прогнозування екологічних ризиків аварійних нафторозливів на водній поверхні розглянуті в дослідженні [7]. Аналіз техногенних ризиків при проведенні технологічних процесів навантаження, вивантаження і допоміжних операцій при проведенні ремонтних робіт на нафтоналивних резервуарах, виконаний у роботі [8]. Математична модель розтікання нафтової плівки з поверхні моря запропонована в роботі [9].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Більшість робіт присвячено питанням великих розливів нафти при її транспортуванні в морських танкерах при аварійних ситуаціях на судах. Однак цілий ряд питань, пов'язаних з оцінкою обсягу малих розливів нафти і нафтопродуктів, вивчені недостатньо.

При цьому, розливи нафти і нафтопродуктів слід враховувати не тільки при роботі танкерів, але інших торговельних суден, що заходять в порт для здійснення транспортно-технологічних процесів і операцій.

Беручи до уваги середню частоту заходів суден тільки в Одеський порт в 2017 р, і випадків малих розливів нафти і нафтопродуктів при виконанні бункерування, зачистки танків і інших операцій, дослідження причин малих розливів, оцінка їх обсягу, є актуальним науковим завданням.

**Мета статті.** Таким чином, мета статті – розробити метод оцінки обсягів малих розливів нафти і нафтопродуктів при організації транспортного процесу в морських портах.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- Проаналізувати статистичні дані щодо кількості розливів нафти різних розмірних категорій в портах.

- Класифікувати причини розливів нафти і фактори, які їх викликають.

- Оцінити масу розливів нафти і нафтопродуктів при малих розливах нафти по виявленим факторам.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз статистичних даних ІТОРФ [2] за період з 2000 по 2017 рр., показує, що кількість і обсяг розливів нафти від 7 до 700 т зменшується, і в 2018 р. ця тенденція збережеться з достовірністю 82 %. При цьому кількість розливів до 7 т не має явно вираженої тенденції до зниження, і обсяг малих розливів нафти і нафтопродуктів близький за масштабами до обсягу великих розливів в 2018 р., (рис. 1).

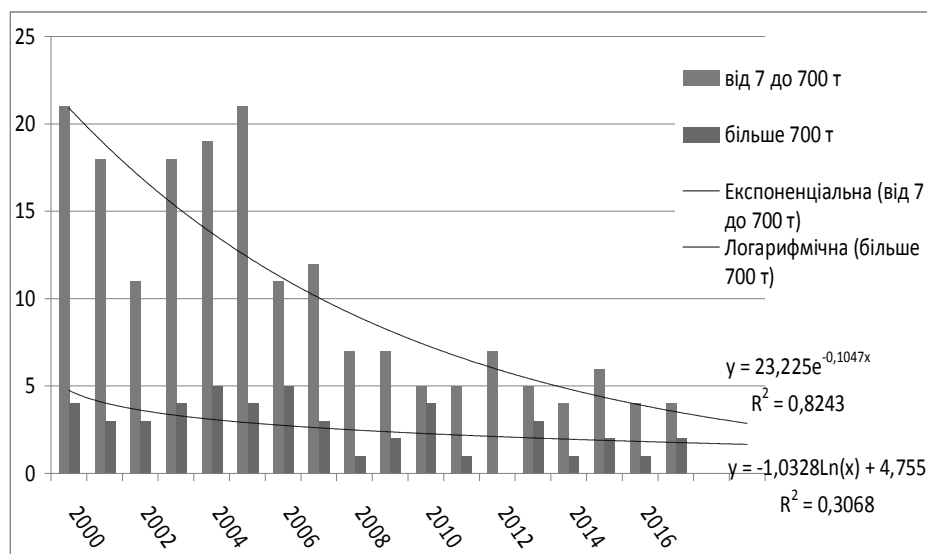


Рис. 1. Середньорічна кількість розливів нафти з суден світового танкерного флоту

З графіка видно, що якщо по великим розливам вживаються заходи для їх запобігання і спостерігається позитивна динаміка щодо зниження рівня забруднень моря нафтопродуктами, то питань запобігання малих розливів нафти приділяється недостатньо уваги з боку вчених. На частку малих розливів нафти припадає найбільша їх кількість, рис. 2 [4].

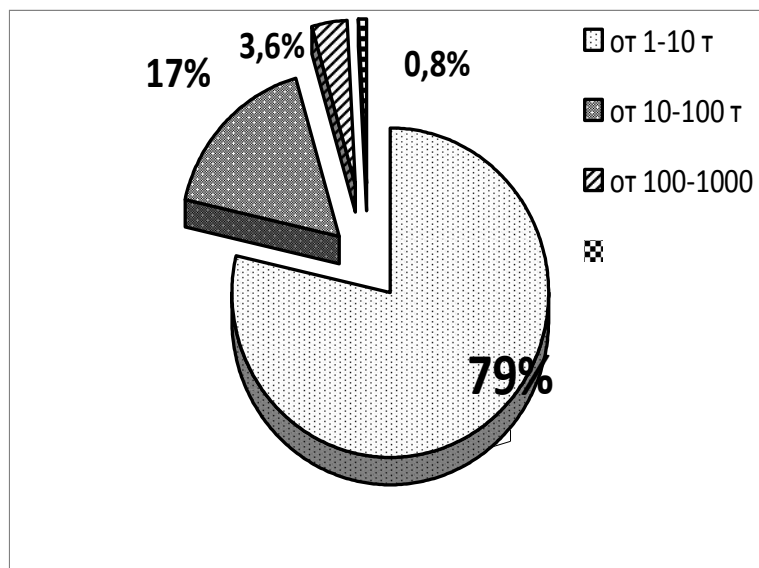


Рис. 2. Статистичні дані по розливам нафти різних обсягів

Такі розливи відбуваються при завантаженні / розвантаженні нафти і нафтопродуктів в / з танкерів, а також при бункеруванні інших суден, які заходять в порт для здійснення транспортно-технологічних процесів і операцій.

За даними аварійних розливів основні проблеми пов'язані з порушенням безпеки, і розливи нафти відбуваються під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт у терміналів, загальне число яких за п'ятирічний період перевищує 3000 раз (табл. 1).

Як видно з табл. 1, число малих (менше 7 т) розливів нафти і нафтопродуктів більше при технологічних процесах і операціях (7 864 випадки), ніж при аварійних.

Офіційна статистика фіксує лише ті розливи, при яких виливається більше 8 т нафти, а розлив до 7 т включно вважається просто інцидентом, який не потрібно декларувати і про який годі й сповіщати владу.

Проаналізувавши дані табл. 1, можна оцінити обсяг розливів нафти різних розмірів. Розділимо розливи за такими чинниками:

- пов'язані з операціями в порту;
- пов'язані з аварійними ситуаціями.

Таблиця 1

*Причини й кількість розливів нафти та нафтопродуктів різних розмірів*

Фактори	Менше 7 т	7-700 т	Більше 700 т	Загалом
<b>Операції</b>				
Завантаження/ розвантаження	3 163	395	42	3 600
Бункерування	571	32	1	604
Інші операції	1 288	183	2	1 473
Невідомі	2 842	762	80	3 684
Всього	7 864	1 372	125	9 361
<b>Аварійні ситуації</b>				
Зіткнення	187	364	136	687
Посадка на міль	240	271	150	661
Пошкодження корпуса	577	101	60	738
Пожежі та вибухи	174	49	53	276
Інші ситуації	1 814	175	32	2 021
Невідомі	3 184	203	13	3 400
Всього	6 176	1 163	444	7 783
Загалом	14 040	2 535	569	17 144

Позначимо малі розливи нафти (від 1-7 т) через  $M$ , середні (від 7-700 т) – через  $C$  і великі (для розрахунків приймемо 1000 т) – через  $B$ , а також сумарну масу (об'єм) розливу як  $\sum_{i=1}^I P_{o_i}^{M,C,B}$  – для розливів, пов'язаних з операціями в порту, і  $\sum_{i=1}^I P_{a_i}^{M,C,B}$  – пов'язаних з аварійними ситуаціями.

Сумарну масу (об'єм) розливу визначимо за формулою:

- для розливів, пов'язаних з операціями в порту

$$\sum_{i=1}^I P_{o_i}^{M,C,B} = q^{M,C,B} \cdot N_{o_i}^{M,C,B} \quad (1)$$

$i=1,2,3,4$

- для розливів, пов'язаних з аварійними ситуаціями

$$\sum_{i=1}^I P_{a_i}^{M,C,B} = q^{M,C,B} \cdot N_{a_i}^{M,C,B} \quad (2)$$

$i=1,2,3,4,5,6$

де  $q^{M,C,B}$  – маси разових малих, середніх і великих розливів при факторах, пов'язаних з операціями і аварійними ситуаціями відповідно, т;

$$N_{o_i}^{M,C,B}, N_{a_i}^{M,C,B} \text{ – число випадків малих, середніх і великих}$$

розливів при факторах, пов'язаних з операціями і аварійними ситуаціями відповідно.

Для розрахунків приймемо 1 т – для разового малого розливу, 8 т – для разового середнього розливу і 701 т – для разового великого розливу. Отримані результати розрахунків представимо в табл. 2.

Таблиця 2

*Маса розливої нафти і нафтопродуктів, т*

Вид операції/об'єм	1 т	8 т	701 т	Загалом
Операції				
Завантаження/розвантаження	3 163	3 160	29 442	35 765
Бункерування	571	256	701	1 528
Інші операції	1 288	1 464	1 402	4 154
Невідомі	2 842	6 096	56 080	65 018
Всього по операціям	7 864	10 976	87 625	106 465
Аварійні ситуації				
Зіткнення	187	2 912	95 336	98 435
Посадка на міль	240	2 168	105 150	107 558
Пошкодження корпусу	577	808	42 060	43 445
Пожежі та вибухи	174	392	37 153	37 719
Інші ситуації	1 814	1 400	22 432	25 646
Невідомі	3 184	1 624	9 113	13 921
Всього по ситуаціям	6 176	9 304	311 244	326 724
Загалом	14 040	20 280	398 869	433 189

Оцінимо отриманий розлив по кожному фактору через коефіцієнт  $K_{o_i}^{M,C,B}$  для розливів, пов'язаних з операціями в порту і  $K_{a_i}^{M,C,B}$  для

розливів, пов'язаних з аварійними ситуаціями. Визначимо частку розливу по кожному фактору по формулі:

- для розливів, пов'язаних з операціями в порту

$$K_{o_i}^{M,C,B} = \frac{\sum_{i=1}^I P_{o_i}^{M,C,B}}{\sum_o P_o^{M,C,B}} \quad (3)$$

$i=1,2,3,4$

- для розливів, пов'язаних з аварійними ситуаціями

$$K_{a_i}^{M,C,B} = \frac{\sum_{i=1}^I P_{a_i}^{M,C,B}}{\sum_a P_a^{заг} M,C,B} \quad (4)$$

$i=1,2,3,4,5,6$

де  $\sum_o P_o^{заг} M,C,B$ ,  $\sum_a P_a^{заг} M,C,B$  – загальна маса малих, середніх і великих розливів нафти при факторах, пов'язаних з операціями в порту і аварійними ситуаціями відповідно, т.

Отримані результати представимо в табл. 3.

Таблиця 3

*Частка розливу нафти і нафтопродуктів за операціями*

Вид операції/об'єм	Менше 7 т	7-700 т	Більше 700 т	Загалом
Операції				
Завантаження/розвантаження	0,40221	0,28790	0,33600	0,33593
Бункерування	0,07261	0,02332	0,00800	0,01435
Інші операції	0,16378	0,13338	0,01600	0,03902
Невідомі	0,36139	0,55539	0,64000	0,61070
Всього по операціям				
Аварійні ситуації				
Зіткнення	0,03028	0,31298	0,30631	0,30128
Посадка на мілину	0,03886	0,23302	0,33784	0,32920
Пошкодження корпусу	0,09343	0,08684	0,13514	0,13297
Пожежі та вибухи	0,02817	0,04213	0,11937	0,11545
Інші ситуації	0,29372	0,15047	0,07207	0,07849
Невідомі	0,51554	0,17455	0,02928	0,04261
Всього по ситуаціям	1	1	1	1

Як видно з табл. 3 найбільше число малих розливів нафти і нафтопродуктів припадає на операції навантаження і вивантаження танкерів (40,2 %). Аварійні ситуації викликають малі розливи нафти з невідомих причин становлять 51 % усієї кількості розлитої маси нафтопродуктів.

Як видно з табл. 4, найбільша частка кількості розлитої нафти і нафтопродуктів припадає на малі розливи нафти при проведенні бункерних робіт, приблизно 37,4 % від усієї розлитої маси нафтопродуктів.



Таблиця 4

*Частка розливу нафти і нафтопродуктів за розмірами*

Вид операції/об'єм	Менше 7 т	7-700 т	Більше 700 т	Загалом
<b>Операції</b>				
Завантаження/ розвантаження	0,08844	0,08835	0,82321	1
Бункерування	0,37369	0,16754	0,45877	1
Інші операції	0,31006	0,35243	0,33751	1
Невідомі	0,04371	0,09376	0,81253	1
Всього по операціям	0,07386	0,10309	0,82304	1
<b>Аварійні ситуації</b>				
Зіткнення	0,00189	0,02958	0,96852	1
Посадка на мілину	0,00223	0,02016	0,97761	1
Пошкодження корпуса	0,01328	0,01859	0,96812	1
Пожежі та вибухи	0,00461	0,01039	0,98499	1
Інші ситуації	0,07073	0,05459	0,87468	1
Невідомі	0,22872	0,11665	0,65462	1
Всього по ситуаціям	0,01890	0,02848	0,95262	

При аварійних ситуаціях, кількість малого розливу нафти і нафтопродуктів становить 22,9 % від загальної маси розливу при невідомих операціях.

**Висновки та пропозиції.** Виконаний в статті аналіз статистичних даних виявив, що зниження кількості випадків розливу нафти і нафтопродуктів, спостерігається при великих і середніх обсягах розливів. При цьому, випадки малих розливів нафти і нафтопродуктів не мають такої тенденції і в 2017 році їх кількість наблизилася до кількості середніх і великих розливів. Це є наслідком не достатньої уваги до проблеми малих розливів нафти і нафтопродуктів з боку вчених і відповідальних організацій.

У статті основні причини розливів нафти і нафтопродуктів розділені на дві категорії: що відбулися в результаті аварій і при виконанні технологічних процесів і операцій суден в портах.

Така класифікація дозволила сформулювати чинники, що впливають на розлив нафти і нафтопродуктів в рамках кожної категорії.

Визначено коефіцієнт для оцінки обсягів розливів по кожному фактору в рамках кожної категорії, який дозволяє оцінити частку маси розлитої нафти і нафтопродуктів за основними розмірами розливу.

В результаті розрахунків коефіцієнта за розмірами розливу отримані наступні результати: найбільшу кількість нафтопродуктів потрапляє в море при малих розливах нафти при бункеруванні 37,4 % і при інших операціях 31 %.

Найбільша кількість нафтопродуктів, яка потрапляє в море, при середніх розливах, відбувається під час інших операцій суден (35,2 %).

Найбільша кількість нафтопродуктів потрапляє в море, при великих розливах, при завантаженні / розвантаженні танкерів в портах (82,3 %).

Аварійні ситуації, по кожному фактору волають великі розливи нафти і нафтопродуктів, на частку малих розливів нафти припадає 22,9 % всієї маси розлитої нафти в портах з невідомих причин.

Маса розлитих нафти і нафтопродуктів може характеризувати можливість і здатність рятувальних формувань, які залучаються на відповідному рівні локалізувати розлив і зібрати розливу нафту і нафтопродукти. І, якщо ймовірність травмування або смертей людей при малих розливах нафти і нафтопродуктів невелика, то величина збитку підприємствам, які експлуатують об'єкт, і навколишньому середовищу – значна.

Таким чином, дослідження показало, що облік малих розливів нафти і нафтопродуктів є основою для розробки методів по визначенню величини шкоди при малих розливах нафти і нафтопродуктів, вироблення рішень щодо прийняття адекватних дій по його ліквідації.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «О морских портах Украины» / Ведомости Верховной Рады Украины (ВВР). – 2013. – № 7. – С. 65. / <http://uazakon.ru/zakon/zakon-o-morskih-portah.html>.
2. ИТОПФ. Oil\_Spill\_Stats\_2017web. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itopf.com>.
3. Британское агентство Clarksons. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.clarksons.com>.
4. ЦНИИМФ. Лаборатория экологической безопасности морского транспорта Семанова Г.Н. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cniimf.ru>.
5. Маценко С.В. О вероятности крупномасштабных аварий танкеров в морских портах // С.В. Маценко, Н.Н. Чура, В.С. Бердников / Сб. научных статей Эксплуатация морского транспорта. ГМА им. Адм. С.О. Макарова. – № 2 (56). – 2009. – С. 69-72.
6. Мохсен Абдульхаким Мохсен Ахмед, Фрумин Г.Т. Анализ риска для водных экосистем при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов / Мохсен Абдульхаким Мохсен Ахмед, Г.Т. Фрумин // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 4. – С. 76-81.

7. *Методика прогнозирования экологических рисков аварийных нефтеразливов на водной поверхности [Текст]: автореф. дис. канд. геогр. наук: 25.00.36 / Мохсен Абдульхаким Мохсен Ахмед. – СПб., 2010 г. – 21 с.*
8. *Калиновский А.Я. Визначення техногенних ризиків під час ремонтних робіт на резервуарах з нафтопродуктами / А.Я. Калиновський, В.О. Липовий, А.В. Титаренко / VOL 6. – № 3(26). – 2015. SYSTEMS AND CONTROL PROCESSES. – С. 13-18. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://journals.urau.ru/tarp/issue/view/3486>.*
9. *Гамзаев Х.М. Моделирование растекания нефтяной пленки по поверхности моря / Х.М. Гамзаев // Прикладная механика и техническая физика. – Т.50. – № 3. – 2009 г. – С. 127-130.*

*Стаття надійшла до редакції 22.12.2018 р.*

**Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень» Навчально-наукового інституту морського бізнесу Одеського національного морського університету **О.Г. Шибасв**

кандидат технічних наук, доцент, ректор Інституту морегосподарства та підприємництва **О.В. Яценко**