

Abramov Y.A, Tishchenko E.A, Borisova A.S.

**Mathematical provision of on-site testing of sensors primary factors mitigating the consequences of accidents**

The resulting model output signal sensor primary factors in the form of a response to the test signal is a pulse of electrical current

**Key words:** sensor primary factors, thermoresistivity pickup, mathematical model

**УДК 614.84**

*Алышанов Г.Н., адъюнкт, НУГЗУ,*

*Тарасенко А.А., д-р техн. наук, вед. науч. сотр., НУГЗУ*

**ВАРИАНТЫ ДЕЙСТВИЯ РУКОВОДИТЕЛЯ ЛИКВИДАЦИИ  
АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА НЕФТИ НА АКВАТОРИИ МОРЯ**

Рассмотрены варианты действия руководителя ликвидации аварийного разлива нефти на акватории моря при проведении операции по локализации группы нефтяных пятен боновыми заграждениями в условиях ограниченности ресурсов

**Ключевые слова:** разливы нефтепродуктов, ликвидация, боны, выпуклая оболочка

**Постановка проблемы.** Наибольшую опасность для окружающей среды представляют собой аварийные разливы нефти (АРН) вблизи побережий, поскольку ликвидация последствий таких разливов с поверхности воды в открытом море и удаление нефтепродуктов с береговой зоны принципиально различаются как методами, так и величиной трудо- и финансовых затрат [1]. В такой ситуации недопущение загрязнения берега является первоочередной задачей, что указывает на предпочтительность проведения процесса локализации разлива в открытом море.

В результате дрейфа нефтяного загрязнения в условиях неоднородного векторного поля скорости приповерхностных течений, характерного для прибрежной зоны, а также и ветров, происходит трансформация загрязнения, приводящая к разбиению нефтяного пятна на группу более мелких пятен. В

силу ограниченности ресурсов локализация группы пятен отличается от локализации отдельного пятна.

В связи с этим, актуальным является вопрос принятия управленческого решения о выборе тактики локализации разлива, а именно о целесообразности локализации всей группы пятен либо о локализации разлива отдельными подгруппами.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [2] предложен критерий принятия решений о целесообразности локализации группы пятен одним боновым заграждением, при этом не рассмотрен вопрос о целесообразности локализации пятен по отдельности либо по более мелким группам.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является отработка возможных сценариев локализации нефтяного поля боновыми заграждениями при наличии прогноза динамики загрязнения в условиях ресурсных ограничений.

Пусть имеется изображение группы из  $M$  нефтяных пятен на акватории [3]. Данное изображение может быть векторизовано, т.е. в локальной системе координат с известным масштабом контур загрязнения может быть задан массивом  $A$  вершин ломаных, аппроксимирующих контуры отдельных нефтяных пятен

$$A = \begin{bmatrix} [(x_1^1; y_1^1), (x_2^1; y_2^1), \dots, (x_{N_1-1}^1; y_{N_1-1}^1), (x_{N_1}^1; y_{N_1}^1)] \\ [(x_1^2; y_1^2), (x_2^2; y_2^2), \dots, (x_{N_2-1}^2; y_{N_2-1}^2), (x_{N_2}^2; y_{N_2}^2)] \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ [(x_1^M; y_1^M), (x_2^M; y_2^M), \dots, (x_{N_M-1}^M; y_{N_M-1}^M), (x_{N_M}^M; y_{N_M}^M)] \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $M$  - количество зафиксированных пятен;  $(x_n^m; y_n^m)$  -  $n$ -ая вершина ( $n = 1 \dots N_m$ ) положительно определенного контура  $\bar{\Omega}_m$   $m$ -ого пятна  $\Omega_m$  ( $m = 1 \dots M$ );  $N_m$  - количество вершин контура  $m$ -ого пятна. В силу замкнутости границы первая и последняя точки каждого контура совпадают, т.е.

$(x_1^m; y_1^m) = (x_{N_m}^m; y_{N_m}^m) \forall m = 1 \dots M$ . При этом  $\Omega_i \bigcap_{i \neq j}^M \Omega_j = \emptyset$ . Также

будем полагать, что  $\Omega = \bigcup_{m=1}^M \Omega_m$ .

Локалізація групи пятен сводиться к окруженію ее боновим заграждением. Область, ограниченную  $k$ -ым боном обозначим как  $\Theta_k$ , а границу данной области как  $\bar{\Theta}_k$ . Требование минимизации длины  $\bar{\Theta}_k$  (при неизменности информации (1) о группе пятен в процессе ее локалізації) требует задания  $\bar{\Theta}_k$  в виде выпуклой оболочки (ВО) [4].

Используем допущение о том, что эволюция нефтяного поля осуществляется лишь под действием природных факторов (течений и ветров) и на нее не влияет сам процесс локалізації. Кроме того, в приведенной модели не учтена динамика постановки боновых заграждений (рассмотренная ранее в работе [5]).

Располагая информацией (1), руководитель ликвидации АРН должен принять решение о целесообразности локалізації всей группы пятен одним боновим заграждением заданной длины  $L$  либо осуществлять локалізацию всех возможных  $m$  подгрупп боновими заграждениями, такими, что

$$\sum_{k=1}^m L_k \leq L.$$

Подход в решении данной задачи базируется на использовании прямого перебора разбиений множества пятен на все возможные подмножества.

Количество  $S(M, m)$  неупорядоченных разбиений  $M$ -элементного множества на  $m$  непустых подмножеств ( $m = 1 \dots M$ ) задается [6] числом Стирлинга второго рода из  $M$  по  $m$

$$S(M, m) = \frac{1}{m!} \sum_{j=0}^m (-1)^{m+j} j^M C_m^j. \quad (2)$$

Так, например, в случае  $M=3$  имеет место множество  $\{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3\}$ . В этом случае возможны следующие разбиения (использован алгоритм разбиения [6])

1.  $S(3,1) = 1 : \{\{\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3\}\};$
2.  $S(3,2) = 3 : \{\{\Omega_1, \Omega_2\}, \{\Omega_3\}\}, \{\{\Omega_1, \Omega_3\}, \{\Omega_2\}\}, \{\{\Omega_2, \Omega_3\}, \{\Omega_1\}\}; \quad (3)$
3.  $S(3,3) = 1 : \{\{\Omega_1\}, \{\Omega_2\}, \{\Omega_3\}\}.$

Количество  $B_M$  всех возможных вариантов разбиений задается числом Белла [6]

$$B_M = \sum_{m=1}^M S(M, m). \quad (4)$$

Для приведенного примера  $B_3 = 5$ .

Количество  $K_M$  всех непустых подмножеств множества из  $M$  элементов

$$K_M = \sum_{k=1}^M C_M^k - 1 = 2^M - 1. \quad (5)$$

Для приведенного примера  $K_3 = 7$ .

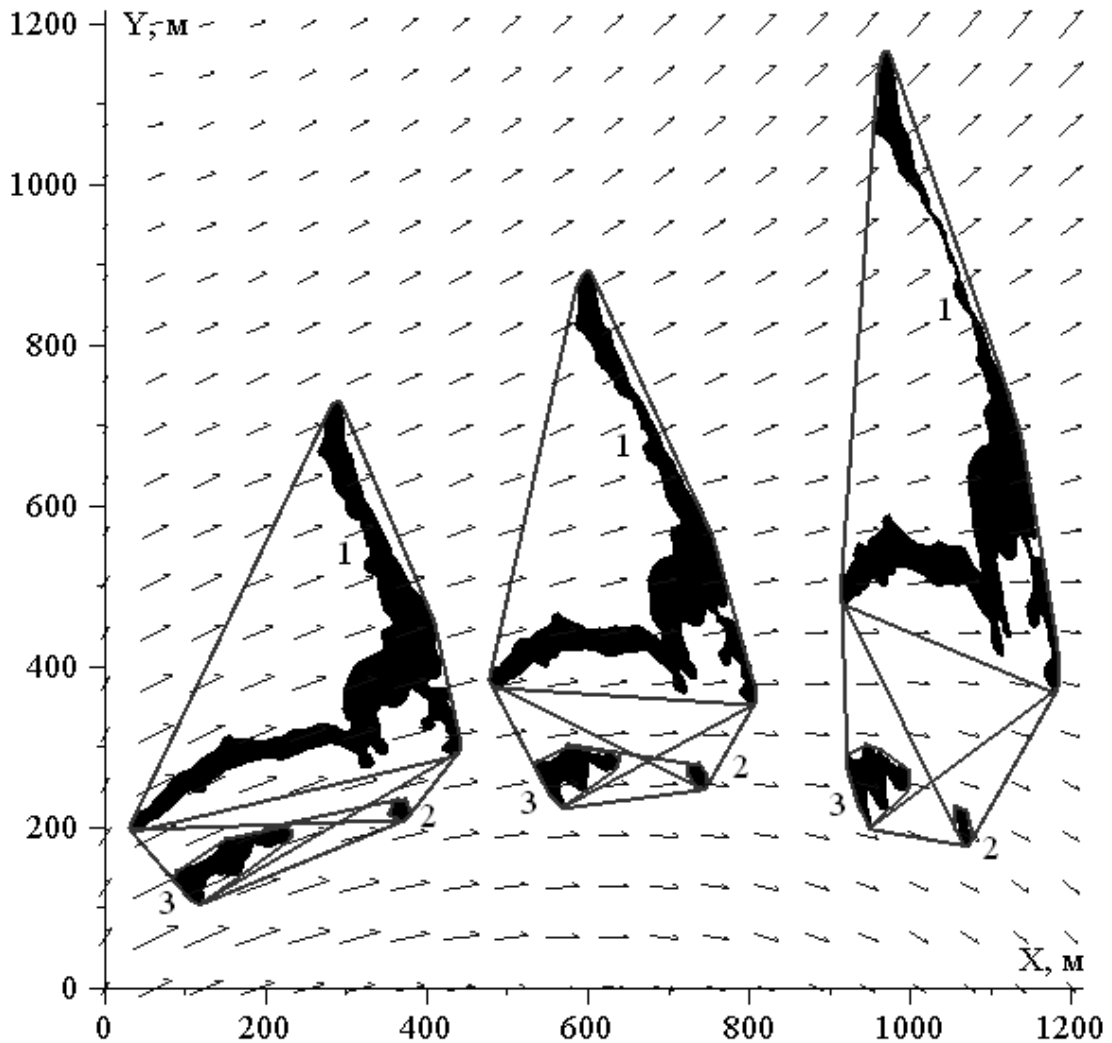
Таким образом, необходимо построить  $K_M$  выпуклых оболочек  $\bar{\Theta}_k$  для всех подмножеств, после чего организовать согласно (3) объединение данных ВО. Так, например, для подмножества  $\{\{\Omega_1, \Omega_2\}, \{\Omega_3\}\}$  будет иметь место объединение  $\bar{\Theta}_{1,2} \cup \bar{\Theta}_3$ . При этом необходимо выполнение условия непересечения областей, т.е.  $\Theta_{1,2} \cap \Theta_3 = \emptyset$ , исключающее пересечение ВО (или их включения одной в другую).

Очевидно, что в условиях реальной обстановки число пятен может быть большим, что обуславливает высокую размерность решаемой задачи. В связи с этим очевидна необходимость создания соответствующего программного обеспечения.

На рис. 1 проиллюстрирован вариант разбиения нефтяного поля, представленного тремя пятнами (в разные моменты времени). Также на данном рисунке приведены все возможные варианты выпуклых оболочек для каждого из пяти вариантов.

Ниже на рис. 2 представлена динамика суммарного периметра  $\Sigma P_{\cup \bar{\Theta}}$  объединения выпуклых оболочек для каждого из вариантов разбиения. По рисунку видно, что в самом начале с момента фиксации нефтяного поля наиболее предпочтительным с точки зрения минимизации длины боновых заграждений являлся вариант совместной локализации всех трех пятен, однако по мере дрейфа пятен более удачным становится вариант совместного окружения пятен №1 и №3 и отдель-

ного окружения пятна №2. В том случае, если суммарная длина боковых заграждений, имеющих в наличии, не превышает 1800 м, имеется временное окно для реализации данных сценариев локализации в интервале времени 0-95 мин и 0-100 мин, соответственно. Возможны также два других варианта локализации - отдельно каждого из пятен (20-68 мин) и в вариант совместного окружения пятен №1 и №2 и отдельно – пятна №3 (15-62 мин). Все прочие варианты локализации при такой длине боковых заграждений не могут быть реализованы.



**Рис. 1 – Динамика нефтяного поля и выпуклых оболочек возможных разбиений**

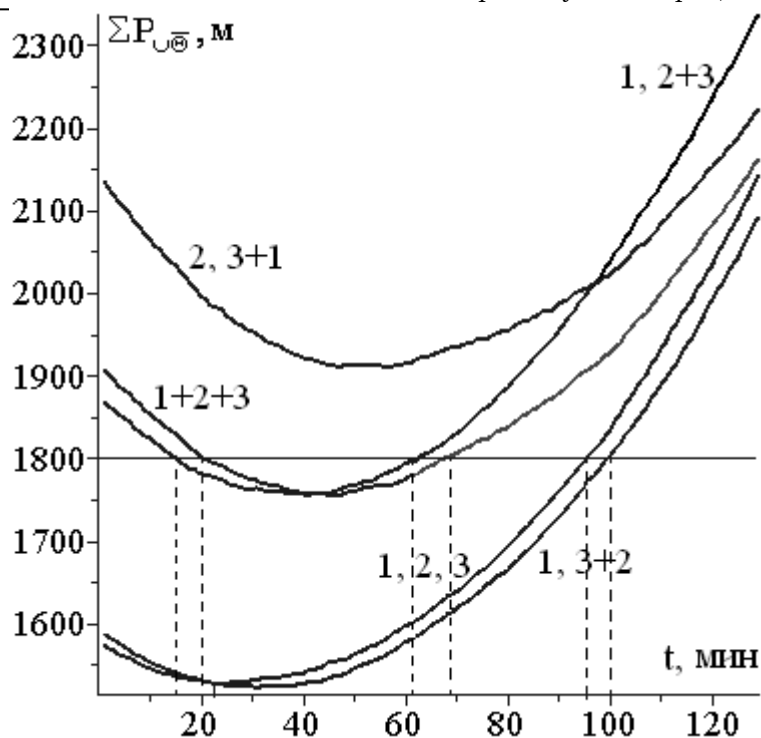


Рис. 2 – Динаміка суммарного периметра об'єднання випуклих оболонок

**Висновки.** Розглянуті варіанти дій аварійних подразделень по локалізації нафтяного забруднення на акваторії моря. На конкретному прикладі отримано багато можливих сценаріїв локалізації в відсутності обмежень. Предложено можливі сценарії локалізації нафтяного поля боновими загородами при наявності прогнозу динаміки забруднення в умовах ресурсних обмежень на довжину бонів.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов А.К. Каспий быть чистым / А.К. Мамедов. – Баку: ОКА Офсет, 2004. – 415 с.
2. Алышанов Г.Н. Принятие решения о возможности локализации разливов нефтепродуктов на акватории моря / Г.Н. Алышанов, А.А. Тарасенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2013. – Вип. 17. С. 11-17.
3. Процессор распознавания нефтяных пятен. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/> / р. 378.
4. Препарата Ф. Вычислительная геометрия: Введение / Ф. Препарата, М. Шеймос. - М.: Мир, 1989. - 478 с.

5. Алышанов Г.Н. Модель локализация боновыми заграждениями разлива нефти на акватории моря / Г.Н. Алышанов, А.А. Тарасенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2013. – Вип. 18. С. 9-16.
6. Федоряева Т.И. Комбинаторные алгоритмы: Учебное пособие / Т.И. Федоряева. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2011. - 118 с.

Тарасенко О.А., Алышанов Г.Н.

**Варіанти дії керівника ліквідації аварійного розливу нафти на акваторії моря**

Розглянуті варіанти дії керівника ліквідації аварійного розливу нафти на акваторії моря при проведенні операції з локалізації групи нафтових плям боновими загородженнями в умовах обмеженості ресурсів

**Ключові слова:** розливи нафтопродуктів, ліквідація, бони, опукла оболонка

Tarasenko AA., Alishanov G.N.

**Options of head of oil spill liquidation on the sea water area**

The variants of the actions of the head of oil spill liquidation on the sea water area during the operation of the localization of the group of oil slicks bon in resource-limited settings are considered

**Key words:** oil spills, liquidation, bon, convex cover