

## ДОННАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА: ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, СТОИМОСТЬ

Е.Г. Жемчужников\*

ООО «Сейсмо-Шельф», Санкт-Петербург, Россия  
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

### SEISMIC SURVEY WITH OBN: PRODUCTIVITY, COST

E.G. Zhemchuzhnikov (Seismo-Shelf LLC, Saint-Petersburg, Russia & Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia)

**Резюме.** В статье рассматривается соотношение основных параметров системы сейсмических наблюдений, парка приемного оборудования и численности полевого персонала с позиций максимизации производительности труда и минимизации стоимости проекта при проведении донной сейсморазведки на примере 3D работ на мелководье.

**Abstract.** In this article the correlation of base seismic survey parameters with nod's and staff number is considered. Purpose of this – to research how to reach of full output of 3D seismic shallow water survey and to minimize the project's total cost.

**Ключевые слова:** Сейсморазведка, донная морская сейсморазведка, донные ноды, производительность морской сейсморазведки.

**Keywords:** Seismic survey, sea bottom seismic survey, OBS, seismic productivity.

\*Е.Г. Жемчужников, к.г.-м.н., доцент, ООО «Сейсмо-Шельф», 191024, Санкт-Петербург, Россия, +79216597992, e-mail: [e371@mail.ru](mailto:e371@mail.ru)

**Received:** 23 October 2018;

**Accepted:** 27 February 2019;

**Published:** 10 April 2019.

### 1. Введение

Если анализу методик сейсморазведочных работ с сухопутными кабельными и морскими буксируемыми системами с позиций их производительности посвящены, пусть и немногочисленные работы, такие, как (Alfaro *et al.*, 2017; Caldwell, 2010; Gafarov, 2012; Gilaev *et al.*, 2013; Laverov *et al.*, 2011), то аналогичных исследований, касающихся работ с донными системами и того меньше. Предлагаемая публикация призвана восполнить упомянутый пробел в сугубо методико-экономической области и без того обделенной вниманием большинства сейсморазведчиков-практиков.

В статье рассматривается соотношение: основных параметров системы наблюдений (сетей приема и отстрела; кратности; диапазона офсетов и пр.); парка приемного оборудования и численности полевого персонала на линиях с позиций максимизации производительности труда при проведении донной сейсморазведки на примере 3D работ на мелководье.

Приведем основные пункты методики донных 3D сейсморазведочных работ на мелководье:

- 1) Раскладка донной активной расстановки, подлежащей отстрелу.

При этом приемное оборудование может быть представлено как донными косами (Ocean Bottom Cable: OBC), так и автономными станциями (нодами – Ocean Bottom Node: OBN). Раскладка оборудования может производиться как непосредственно с судов-баз (на которых оно хранится и обслуживается), так и с малых моторных катеров (лодок), забирающих оборудование с судов-баз и возвращающих его обратно после сбора – для скачивания данных, зарядки аккумуляторов и профилактики. Работы могут начинаться с выкладки либо только первой расстановки (не конвейерный способ отработки), либо первой расстановки плюс задела приемников на следующую (вторую) расстановку (конвейерный способ отработки). Очевидно, что не конвейерный способ требует меньшего парка приемного оборудования, но имеет и меньшую производительность по сравнению с конвейерным способом.

Работа с большим парком нодов требует привлечения нескольких судов-баз, т.к. вместимость одного судна-базы (пригодного для работы на мелководье) весьма ограничена (в данной статье она принимается равной 500 нодов). Работа с береговых баз не всегда возможна: зачастую подходы к ним представлены широкими отмелями, непроходимыми даже для лодок и участки работ удалены от берега на десятки километров. Следующий этап отработки:

2) Отстрел разложенной донной активной расстановки.

Методика отстрела базируется на значениях следующих основных параметров:

- Длина записи (редко превышает 8с);
- Шаг отстрела по линии отстрела; объем группового пневмоисточника (ПИ);
- Глубина акватории; осадка и грузоподъемность судна-источника (СИ);
- Скорость СИ должна лежать в ориентировочных пределах 3-5,5 узлов (1,5-2,8м/с). Меньшая скорость приводит к трудности удержания СИ на курсе; большая скорость не позволит набить рабочим давлением ПИ за период отстрела (время между подрывами).

Под темплейтом понимается совокупность активной расстановки и точек отстрела, из которых она отстреливается. При этом, обычно, реализуется тип отстрела «по координатам» (не «по времени»).

Примечание. Отстрел «по координатам»: команда на подрыв выдается навигационной программой в момент нахождения акустического центра пневмогруппы на расстоянии, максимально близком к проектному пикету отстрела (таковой момент определяется алгоритмом программы). Отстрел «по времени»: команда на подрыв инициируется TTL-импульсом, выдаваемым с постоянным периодом, например, 60с – т.е. подрывы будут следовать через 60с, независимо от нахождения центра пневмогруппы. (Отстрел «по времени» обычно реализуется при 2D региональных работах ГСЗ).

Типичные значения вышеуказанных параметров определяют то, что отстрел ведется одним СИ. Так, например, ПИ объемом 12-15 литров может быть набит до рабочего давления (140 атм.) не быстрее, чем за 15-16с компрессорами, которые можно разместить на СИ, пригодном для работ на мелководье и в транзитных зонах (ТЗ). При этом, при шаге отстрела 25м, скорость СИ составит 1,7м/с (3,4 узла).

В принципе, при таких условиях возможна стрельба двумя СИ в режиме flip-flop (например, каждое СИ стреляет через 16с с относительным сдвигом 8с).

Но в таком случае практически возможен только тип отстрела «по времени», что неизбежно приведет к значительной неравномерности сети отстрела, а, следовательно, и к неравномерности распределения кратности по участку работ. Это обуславливается невозможностью выдерживать постоянную (и равную) скорость судов-источников по причине наличия течений, ветра, а также естественных и антропогенных препятствия, характерных для ТЗ и мелководья. В данной статье рассматривается применение одного СИ.

Примечание. Применение двух СИ может быть рентабельно лишь при сети отстрела, представленной большим количеством коротких параллельных линий: второе СИ начинает отстрел линии сразу после того, как первое СИ заканчивает свою линию отстрела и уходит на циркуляцию. Но в этом случае целесообразнее изменить дизайн сети отстрела, сделав линии длиннее и обойдясь одним СИ.

В любом случае, использование двух СИ существенно повышает себестоимость работ.

3) При не конвейерном способе работ отстрелянная расстановка (или ее часть) собирается и переносится вперед по полосе (роллинг приема); СИ в это время простаивает. При конвейерном способе работ роллинг приема проводится во время отстрела текущей расстановки. Сбор отстрелянных каналов может проводиться как непосредственно судами-базами, так и моторными лодками.

Проанализируем функции зависимости производительности труда и себестоимости собственно полевых работ от количества нодов.

Выдвинем начальное положение, очевидно, не вызывающее сомнений: максимальная производительности труда при сборе данных будет иметь место тогда, когда и линейные бригады (расставляющие и собирающие ноды) и СИ работают непрерывно (без простоев). Сказанное реализуется в том случае, когда время роллинга текущей расстановки равно времени ее отстрела.

В качестве базового объекта 3D работ выбран квадратный участок полнократной (67) площадью  $1000\text{км}^2$  (кратность в бине  $12.5*12.5\text{м}$ , на полном офсете:  $7531\text{м}$ ; эксцесс темплейта 1,03). Расчет проведен для приемного оборудования, представленного автономными 4С нодами, которые могут расставляться как в связке общим донным фалом (гирлянда), так и на индивидуальных фалах и поплавах. (Отметим, что постановка и сбор нодов на гирлянде принципиально не отличается от постановки и сбора донной косы).

Параметры базовой системы наблюдений и полученные производственно-технические и финансовые показатели приведены в таблицах 1 и 2. (Расчет выполнен автором по собственной методике в приложении Excel). Отметим, что столь полный список параметров и показателей дан в статье в целях иллюстрации.

**Таблица 1.** Параметры системы наблюдений 3D/4С

сеть точек приема и отстрела		
1	шаг пикетов приема ( $R_i$ ), м	100,00
2	шаг линий приема ( $R_{Li}$ ), м	250,00
3	шаг пикетов отстрела ( $S_i$ ), м	25,00
4	шаг линий отстрела ( $S_{Li}$ ), м	200,00
5	относительный сдвиг пикетов приема на соседних линиях приема: $R_i/4$ , ( $R_d$ ), м	25,00
6	относительный сдвиг пикетов отстрела на соседних линиях отстрела: $S_i/2$ , ( $S_d$ ), м	12,5

<b>активный темплейт</b>		
7	число линий приема (NRL)	20
8	число пикетов приема/1линия (nrl)	50
9	число линий отстрела (NSL)	31
10	вынос линий отстрела x-line (dsr), м	500
11	вынос линий отстрела in-line (drs), м	500
12	длина линии приема (RLI),м	4900
13	длина линии отстрела (SLI),м	5750
14	число пикетов отстрела/1линия (nsl)	231
<b>роллинг темплейта/перекрытия темплейтов</b>		
15	роллинг по линиям приема, пикетов приема (rr)	40
16	роллинг по линиям отстрела, линий приема (rs)	15
17	роллинг по линиям приема, линий отстрела (sr)	20
18	роллинг по линиям отстрела, пикетов отстрела (ss)	150
19	перекрытия темплейтов по приему в полосе, пикетов приема	10
20	перекрытия темплейтов по отстрелу в полосе, линий отстрела	5
21	перекрытия темплейтов по приему соседних полос, линий приема	5
22	перекрытия темплейтов по отстрелу соседних полос, пикетов отстрела	90
<b>способ и время расстановки и отстрела</b>		
23	работа с OBN (подъем+сброс) (tb), мин/1OBN/1лодка	6,1
24	количество лодок для работы с OBN (Nb)	3
25	интервал отстрела средний (tsp), с	12
26	время захода на новую линию отстрела (tS), мин	10
27	средняя раб.скор. источника (Vk), уз	4,0
<b>приемные ноды, перестрел, погода</b>		
28	наличный парк OBN (NR)	<b>2000</b>
29	число OBN в 1 расстановке (NRm)	1000
30	процент перестрела (reS), %	0
31	процент рабочих суток по погоде (wd), %	100
32	процент потерь OBN (IR), %	0
<b>площадь, бин, кратность, офсеты, эксцесс</b>		
33	<b>Sq (полнократная площадь, приведена к прямоугольнику), км2</b>	<b>1000,00</b>
34	площадь бина, м2	156,25
35	средняя кратность расстановки на полном офсете (Fm)	39
36	средняя ширина полосы набора кратности, м (Ff)	100
37	эксцесс расстановки (Re)	1,03
38	максимальный офсет (Ofm), м	7531
39	диапазон кратности для P-волн (dF)	-
40	по объекту: размер поля ненулевой кратности, in-line, м	32423
41	по объекту: размер поля ненулевой кратности, x-line, м	32573
42	по объекту: площадь поля ненулевой кратности, км2	1056
43	по объекту: кол-во бинов внутри внешнего контура поля fold>0	6759039
44	по объекту: количество OCT	455022274
45	по объекту: средняя кратность на полном офсете (Fm)	<b>67</b>
46	SQ (площадь работ, включая полосу набора кратности), км2	<b>1013</b>
<b>общие данные</b>		
47	имеющихся OBN (не конвейер)	Режим недоступен
48	имеющихся OBN (конвейер)	ОК
49	общая длина веревок (не более), гирлянда (C1), км	196,000
50	общая длина веревок (не более), индивидуал. (C1), км	80,000
51	время роллинга одной расстановки по полосе (tR), час	29
52	чистое время отстрела одной расстановки (tT), час	29
53	время простоя судна-источ. (ti), %	-0,1
54	число расстановок в полосе (nTs)	7,7

55	число полос расстановок (ns)	8,2
56	число расстановок (NT)	64
57	время отработки всей площади с учетом метеоусловий (при неогр.автономности OBN) (T), сут	77
58	кол-во OBN*постановок (nR)	51012
59	пробег судна-источн.(Ls), км	13928
<b>параметры регистрации, автономность нодов</b>		
60	число регистрируемых компонент (nC)	4
61	длина нарезки трасс (recL), с	6
62	шаг дискретизации (Srat), мс	1,00
63	число трасс (одной компоненты) по всей площади (NTr)	455 022 274
64	объем полезной сейс.информации (SEGy) по всей площади (D), Гб	42658
65	Минимально-требуемое количество flash-карт (для OBN Dina) (Mm)	2000
66	время зарядки АКБ и скачивания данных с парка OBN (td), час	48
67	общая автономность OBN (tot), сут	23
68	<b>Выработка средняя, км2 / 1раб.день</b>	<b>11,413</b>
69	<b>Выработка средняя, км2 / 1календарн.день</b>	<b>11,413</b>
70	<b>Отработка площади</b>	<b>88</b>
71	<b>Всего по полевым работам, сут</b>	<b>92</b>

**Внимание, расчет сделан при значениях основных параметров:**

1	участок работ приведен к прямоугольнику, отношение сторон	1,00
2	средняя раб.скор. источника (V <sub>k</sub> ), уз	4,05
3	время захода на новую линию отстрела (t <sub>S</sub> ), мин	10,00
4	процент перестрела (reS), %	0,00
5	количество лодок для работы с OBN (N <sub>b</sub> )	3
6	работа с OBN (подъем+сброс) (tb), мин/1OBN/1лодка	6,10
7	процент рабочих суток по погоде (wd), %	100
8	процент ремонтно-профилактических работ, %	5,00
9	время зарядки АКБ и скачивания данных с парка OBN (td), час	48
10	общая автономность OBN (tot), сут	23,00
11	метод работ (не конвейер 0; конвейер 1)	1
12	резерв OBN	200

**Таблица 2.** Длительность полевых работ 3D/4C

<b>Виды работ</b>	<b>Время работ (сут)</b>
Отработка площади	87,62
Ремонтно-профилактические работы	4,38
Судовые погрузочно-разгрузочные и наладочные работы на базе флота	0,00
Переходы судов в районе работ	0,00
Переходы судов в район работ и обратно	0,00
Опытно-методические работы (ОМР)	0,00
Резерв QC	0,00
Всего по полевым работам, сут	<b>92</b>
Всего по полевым работам, отр*смен	<b>184</b>

При этом начисленная заработная плата полевого персонала за период сбора данных (период полевых работ без учета времени мобилизации и демобилизации) составила 14215656 руб. Полная сметная стоимость (при принятии суммы резерва 0) равна 509630244 руб. Структура расходов приведена на рис.1.

В дальнейшем будет анализироваться лишь зависимость производительности, длительности и полной сметной стоимости работ от числа

приемных каналов (в нашем случае – от числа нодов) и соответствующей ему численности полевого персонала. Площадь участка, параметры сетей приема и отстрела, кратность и т.п. будут оставаться неизменными. Величины финансовых параметров: ставок, цен и пр. выбраны близкими к реальным на первую половину 2017 года, но все же уровень этих величин следует принимать, как условный.

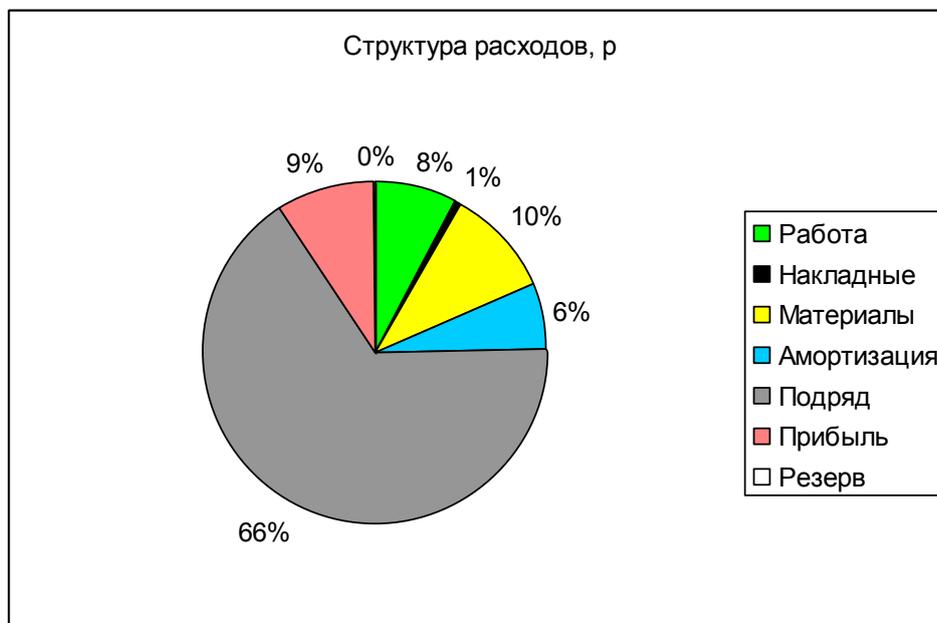


Рис.1. Структура расходов

Рассмотрим зависимость производственно-финансовых показателей от количества лодок, т.е. линейных бригад, таблица 3 (базовый вариант выделен цветом).

Таблица 3. Зависимость производственно-финансовых показателей от количества лодок

количество лодок	время простоя СИ, %	отработка площади, сут	Выработка средняя, км2 / 1раб.день	зарплата (сбор данных), р	полная сметная стоимость, р
1	49,90	272,22	3,674	31 242 068	860 233 415
2	19,90	124,52	8,031	17 276 018	420 418 088
3	-0,10	87,62	11,413	<b>14 215 656</b>	<b>310 788 978</b>
4	-14,40	86,56	11,553	16 121 378	312 520 094
5	-25,10	85,92	11,638	18 181 618	317 209 824
6	-33,50	85,50	11,696	20 019 420	318 861 384
7	-40,10	85,20	11,738	22 057 020	323 537 911
8	-45,60	84,97	11,769	24 094 620	328 222 760
12000	-100,00	83,38	11,993	23 915 460 624	55 797 151 058

Положительный процент простоя СИ означает его простой; отрицательный процент – простой линейных бригад. Как видно, базовый вариант имеет минимальный простой кого бы то ни было, а, следовательно, минимальную зарплату этапа сбора данных и стоимость всего проекта. Последний столбец

символизирует «бесконечное» количество лодок (в нашем случае 12000 шт), выполняющих работу по расстановке/сбору нодов настолько быстро, что их простой равен 100,0% и время сбора данных состоит, практически только из времени отстрела участка. Но зарплата и стоимость всего проекта очень велики за счет огромного штата линейных бригад, судов (барж) базирования лодок, топлива, амортизационных отчислений на лодки и моторы и пр.

Теперь рассмотрим зависимость производственно-финансовых показателей от количества каналов (нодов) и линейных бригад (т.е. количества лодок).

Большее количество нодов позволит выставлять одновременно приемную расстановку большего размера, но для повышения производительности потребуется и большее количество лодок для ее роллинга; также большее количество нодов для их хранения и обслуживания требует уже нескольких судов-баз с соответствующим персоналом. Анализ функции двух переменных (зависимость полной сметной стоимости от количества нодов и количества лодок) в рамках данной статьи вряд ли уместен по причине громоздкости. Поэтому внизу приводится анализ зависимости длительности работ, полной сметной стоимости работ и некоторых других параметров от парка приемного оборудования (количества нодов) с соответствующим ему количеством линейных бригад, обеспечивающим минимум простоев (как бригад, так и судна-источника – СИ), таблица 4.

По параметрам системы наблюдения:

- 1) Площадь квадратного участка работ равна 1000км<sup>2</sup>;
- 2) Сети приема и отстрела неизменны (сеть приема: 100\*250м; сеть отстрела: 25\*200м);
- 3) В темплейтах:
  - a. Выносы линий отстрела за расстановку в направлениях in-line и x-line неизменны и равны по 500м;
  - b. Перекрытия между расстановками в направлениях in-line и x-line неизменны и равны 10 пикетов приема и 5 линий приема соответственно;
  - c. Экссесс темплейтов колеблется в пределах 0,9-1,1;
- 4) Сеть бинов неизменна и равна 12,5\*12,5м;
- 5) Метод отработки – конвейерный;
- 6) Резерв нодов – около 10% от их общего количества;
- 7) Вместимость судна-базы по нодам равна 500 нодов / 1 судно-база;
- 8) Вместимость лодки по нодам равна 30 нодов / 1 лодку;
- 9) Процент рабочих суток по погоде принят равным 100%;
- 10) К каждому парку нодов подбирается такое количество лодок сбора/расстановки, при котором абсолютная величина простоя минимальна;
- 11) Прибыль равна 10% от величины: (полная сметная стоимость работ минус сумма прибыли и резерва);
- 12) Резервная сумма в смете выводится на 0 руб.

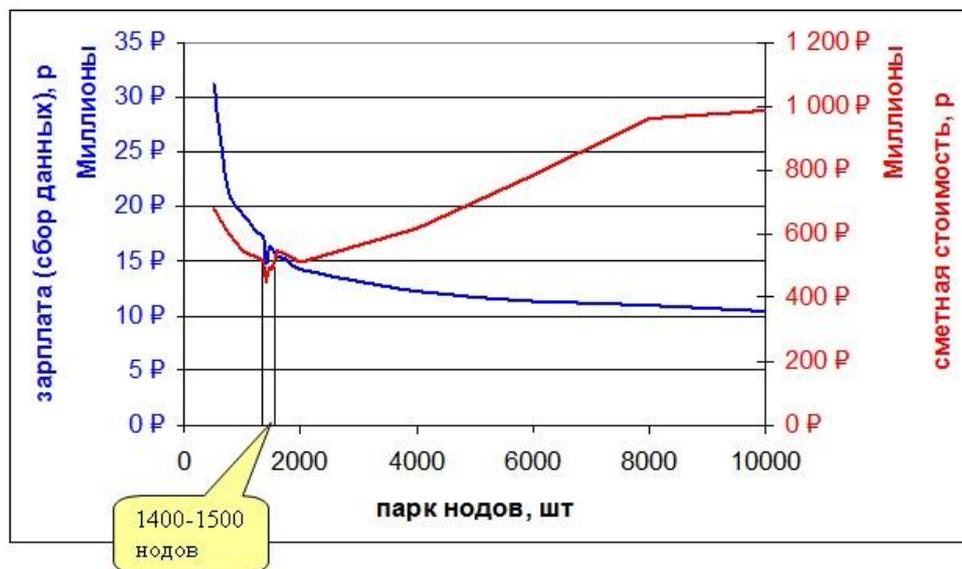
В таблице 4 зеленым цветом выделены строки (1400-1500 нодов), имеющие минимальную полную сметную стоимость (стоимость проекта).

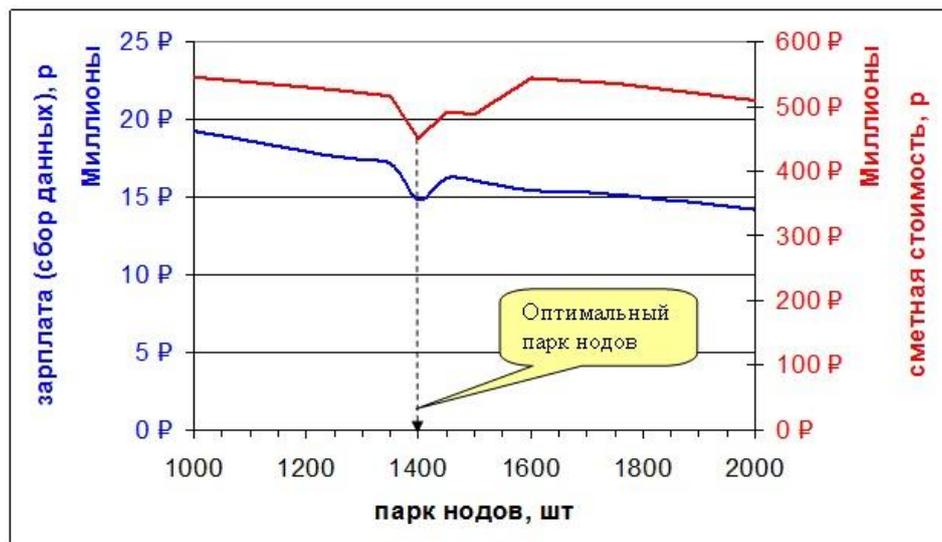
На рис. 2 приведены графики зависимости фонда зарплаты за период сбора данных и полной сметной стоимости от парка нодов (т.е. их полного количества). Как видно из таблицы 4 и рисунка 2 с увеличением парка нодов количество расстановок, длительность периода сбора данных и соответствующая зарплата полевого персонала уменьшаются, но стоимость проекта, начиная с числа нодов

1400-1500, неуклонно растет. Это объясняется тем, что большой парк нодов требует все большего количества судов (собственных или арендованных), персонала, материалов и т.п. для своего размещения и обслуживания.

Таблица 4. Зависимость производственно-финансовых показателей от парка нодов

Парк нодов	Кол-во нодов (растан.+зад сл)	Резерв нодов, %	Кол-во расстановок	Кол-во лодок	Простой СИ, %	Экспесс расстановки	Максимальный офсет, м	Полная кратность	Длительность сбора данных, сут	Суточная выработка, км <sup>2</sup>	Зарплата (сбор данных), р	Полная стоимость проекта, р	Удельная сметная стоимость, р/км <sup>2</sup>
500	462	7,6%	397,14	2	-11,8	1,00	4243	45	224,82	4,448	31 255 086	678 408 551	678 409
750	700	6,7%	211,81	2	-0,9	0,91	5062	47	155,83	6,417	21 627 992	603 504 347	603 504
1000	900	10,0%	152,50	2	6,9	0,98	5587	49	138,67	7,211	19 254 188	545 925 270	545 925
1250	1156	7,5%	109,55	3	-7,9	0,96	6224	54	108,12	9,249	17 615 052	526 609 538	526 610
1350	1224	9,3%	102,49	3	-6,6	1,00	6364	55	105,66	9,465	17 151 498	515 576 497	515 576
<b>1400</b>	<b>1271</b>	<b>9,2%</b>	<b>89,27</b>	<b>3</b>	<b>-6,4</b>	<b>1,00</b>	<b>6364</b>	<b>48</b>	<b>90,59</b>	<b>11,039</b>	<b>14 833 728</b>	<b>450 555 112</b>	<b>450 555</b>
1450	1296	10,6%	94,60	3	-5,6	0,95	6543	57	99,05	10,096	16 224 390	491 110 974	491 111
1500	1360	9,3%	90,77	3	-4,2	1,09	6653	58	98,55	10,147	16 069 872	487 769 046	487 769
1600	1440	10,0%	83,79	3	-3,3	1,03	6824	59	95,13	10,512	15 451 800	544 189 526	544 190
1750	1558	11,0%	75,64	3	-2,8	1,00	7071	63	92,89	10,765	15 142 764	536 461 430	536 461
2000	1800	10,0%	63,54	3	-0,1	1,03	7531	67	87,62	11,413	14 215 656	509 630 244	509 630
4000	3640	9,0%	27,63	4	-3,9	1,02	10360	102	65,12	15,355	12 223 902	618 070 216	618 070
6000	5372	10,5%	17,77	4	0,7	1,01	12410	134	60,01	16,664	11 338 112	784 049 730	784 050
8000	7200	10,0%	12,82	4	4,2	0,97	14250	165	58,50	17,094	10 983 796	962 693 093	962 693
10000	9000	10,0%	10,03	5	-5,0	0,95	15845	196	48,96	20,427	10 398 496	986 213 334	986 213





**Рис. 2.** График зависимости фонда зарплаты (период сбора данных) и полной сметной стоимости от парка узлов (вверху); увеличенный фрагмент окрестности значения парка узлов 1400 (внизу)

По системе наблюдений заметим:

- 1) С ростом парка узлов появляется возможность выставлять все большую расстановку, следовательно, растет максимальный офсет и полная кратность. Поэтому, руководствуясь требуемой минимальной кратностью, следует задействовать в работах парк узлов не менее того, который ее обеспечивает;
- 2) С ростом парка узлов от 500 до 10000 количество лодок, оперирующих с ними (и обеспечивающих минимальный абсолютный простой), увеличивается очень незначительно: с 2 до 5. Это объясняется тем, что, хотя лодкам и приходится снимать и расставлять все большее количество узлов, но и время для этого предоставляется все большее, т.к. сбор/расстановка идет одновременно с отстрелом расстановки все большего размера;
- 3) На кривых зарплаты и стоимости проекта (рис.2) виден локальный минимум на 1400 узлах: длительность сбора данных при этом парке даже меньше, чем при 1450-1750 узлах, что объясняется более оптимальным соответствием активной расстановки в 1271 нод (парк 1400) принятой конфигурации участка работ.

#### Основные выводы:

1. При фиксированном парке узлов максимальная производительность имеет место при конвейерном методе обработки и минимизации простоев, как линейных бригад, так и судна-источника. Поэтому, формально увеличивать количество лодок (линейных бригад) не имеет смысла: они будут простаивать;
2. Распространенное мнение «чем больше донного оборудования (в частности, узлов), тем быстрее будет отработан объект» подтверждается. Да, формально, объект будет отработан быстрее, но не дешевле. Большой парк оборудования требует большого флота и персонала для своего размещения и обслуживания, что сильно удорожает работы. Если еще принять во

внимание, что большой съемочный флот требует более сложной и длительной логистики, то снижение общей длительности работ (включая мобилизацию и демобилизацию) может быть поставлено под сомнение;

3. Результаты, полученные в данной статье, целесообразно учитывать при выборе первого приближения системы наблюдений и методики работ. Окончательный же их вариант необходимо просчитывать с учетом всех, как основных условий (объема и сроков работ, спецификаций заказчика и возможностей исполнителя, геолого-геофизической и физико-географической обстановок), так и сопутствующих нюансов, свойственных конкретному участку работ и конкретной методике.

### Литература

- Alfaro, R., L'Arvor, E., & Choquer, T. (2017, June). Methodologies for Evaluating the Risks and Cost Efficiency Associated with Acquisition Geometries. In 79th EAGE Conference and Exhibition 2017.
- Caldwell, J. (2010). Cable-less seismic offers real-world advantages. *Hart's E & P*, 83(4), 46-48.
- Gafarov, P.M. (2012). Experienced testing of GSR (GEOSPACE) and UNITE (Sercel) field-free cable systems. *The journal of devices and systems of exploration geophysics*, 40(2), 46-55 (in Russian).
- Gilaev, G.G., Manasyan, A.E., Khamitov I.G., Ismagilov A.F., Zhuzhel V.S., Kozhin V.N., Efimov V.I. (2013). Experience in performing MOGT-3D seismic surveys with Slip-Sweep method, *Oil Industry*, 4, 82-85 (in Russian).
- Laverov, N.P., Dmitrievskiy, A.N., Bogoyavlenskiy V.I. (2011). Fundamental aspects of the development of oil and gas resources of the Arctic shelf of Russia. *Arctic: ecology and economy*, 1, 26-37 (in Russian).