

ГЛУБОКОВОДНЫЕ ВОДОЛАЗНЫЕ СПУСКИ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Сергей Черкашин
Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН
+7(985) 924 1602
charley@charley.ru

Общие положения

В диапазоне соответствующих рабочих глубин водолазный метод является весьма эффективным инструментом. Он имеет свои неоспоримые преимущества и лишен многих недостатков, присущих дистанционно управляемым системам. Главным является более четкое осмысление водолазом сложившейся ситуации за счет комплексного восприятия окружающей обстановки “in situ” в режиме реального времени и реального пространства. Способность быстро и адекватно реагировать на меняющиеся обстоятельства, применять широкий ассортимент инструментов и приборов, в полной мере использовать универсальные возможности человеческой руки делают водолазный метод во многих случаях просто незаменимым.



Задачи

Спектр задач, решаемых с использованием водолазного метода весьма широк и разнообразен.

Эти задачи можно условно разделить на два блока в зависимости от специфики работ:

1. Обследование подводных объектов (затонувших судов, устьевого оборудования скважин, и т.п.), а также выполнение

несложных работ (фото и видеорегистрация, остропка и подъем представляющих особый интерес узлов и элементов, спасательные операции, решение специальных задач). Рис.1.

2. Проведение масштабных подводно-технических работ на долговременной основе, предполагающих использование энергоемкого оборудования и сложного комплекса вспомогательных технических средств (работы по выемке грунта, выравнивание постелей, подводное бетонирование, сварочные и монтажные работы, судоподъемные операции и т.п.). Рис.2.



Актуальность вопроса

Практически невозможно создать некий универсальный комплекс снаряжения, пригодный на все случаи жизни. Многообразные условия водолазных спусков и характер выполняемых работ диктуют специфические требования к технике и методике проведения конкретных погружений.

Особое место занимают глубоководные работы (60 метров и более).

Актуальность развития техники и методики глубоководных работ обусловлена практически полным отсутствием в стране технической базы, кадрового состава и современных методик проведения водолазных работ на глубинах более 60 метров. События последних лет показали, что мы совершенно бессильны решать возникающие задачи в своих прибрежных водах, не говоря уже об отстаивании интересов в отдаленных районах Мирового океана. В то же время, интенсивное развитие работ на шельфе в рамках добычи полезных ископаемых, прокладки магистральных трубопроводов и кабельных переходов, проведение работ научного, спасательного и специального назначения на водных акваториях в широком диапазоне глубин неизбежно потребуют привлечение водолазного метода как наиболее универсального инструмента при выполнении тонких операций в нестандартных ситуациях.

На сегодняшний день во всем мире для выполнения работ на больших глубинах, как правило, используются водолазные спуски методами КП и ДП. Оба метода предполагают наличие специализированного водолазного судна со сложной системой позиционирования, мощными агрегатами жизнеобеспечения, многочисленным обслуживающим персоналом. Работа водолазов осуществляется из колокола, а в случае ДП – с использованием бортового гипербарического комплекса. Затраты на эксплуатацию таких систем зачастую не оправдывают поставленных целей, в частности, задач вышеобозначенного блока 1. В результате, - многие важные и прогрессивные проекты замораживаются из-за нехватки финансирования. В этом плане представляется весьма перспективным использование глубоководных водолазных погружений в **автономном** режиме для решения определенного круга задач под водой.

Конкретные условия водолазных спусков и характер выполняемых работ диктуют специфические требования к технике и методике проведения погружений. Водолазные спуски в научных целях, обследование затонувших объектов, подводная фото и видеосъемка, а также достаточно большой диапазон подводно-технических работ не



требуют применения мощных гипербарических комплексов и довольно громоздкого вентилируемого снаряжения. Погружения в автономном снаряжении (Рис.3) способны решить многие задачи как научного, так и прикладного характера, в том числе и специальные, предполагающие определенную «конфиденциальность» проведения операций. И этот метод уже находит широкое применение во многих развитых странах Запада.

Разумеется, специфика проведения автономных глубоководных спусков накладывает существенные ограничения, прежде всего, на время нахождения на грунте (от нескольких до десятков минут). Это обусловлено необходимостью последующей длительной декомпрессии в толще воды. Тем не менее, метод вполне уверенно находит свою нишу в практике подводных работ. К его преимуществам можно отнести следующие:

- Высокая мобильность и автономность

- Возможность работы с любого неспециализированного плавсредства, вплоть до надувных лодок, а также из подводных носителей
- Крайне низкий расход газов, в том числе дорогостоящего гелия
- Отсутствие необходимости в сложных системах жизнеобеспечения и многочисленном обслуживающем персонале
- Сравнительно невысокая стоимость работ, как правило, на несколько порядков ниже аналогичных, проводимых традиционными методами КП и ДП
- Возможность двойного применения

Диапазон максимальных рабочих глубин при погружении в автономном снаряжении на сегодняшний день можно определить 100 - 120 метрами, отдельные кратковременные спуски до 140 метров вполне реальны, однако из-за крайне незначительного времени пребывания на грунте их практическая эффективность будет сильно ограничена.

Техника и методика выполнения глубоководных водолазных спусков в автономном режиме на глубинах до 100 (120) метров.

Решаемые с применением данной методики задачи:

- Обследование и идентификация подводных объектов, в том числе операции в труднодоступных внутренних помещениях затонувших судов и других конструкций, а также в районах со сложным рельефом дна (каньоны, пещеры)
- Выполнение краткосрочных работ в придонном слое
- Подводная фото и видео регистрация
- Прецизионный отбор образцов и проб
- Демонтаж и подъем на поверхность отдельных элементов и узлов
- Обслуживание запорной арматуры устьевого оборудования морских нефтяных скважин
- Спасательные работы
- Проведение специальных операций

Новизна темы

До настоящего времени данная методика никогда не применялась в практике глубоководных водолазных работ на территории России. С другой стороны, на Западе уже достаточно давно и активно используется метод автономных погружений. Этому в немалой степени способствовал значительный прогресс в развитии водолазного снаряжения и компьютеризация режимов спусков. Применение различных по составу дыхательных смесей и их активная смена в процессе погружения и всплытия позволили максимально оптимизировать декомпрессионные режимы. И, наконец, методика обучения претерпела принципиальные изменения.

Рекордные глубоководные погружения

Стремление человека дотянуться до предельной черты, побывать там, где никто еще не был, совершить то, чего никому еще не удавалось,- неизбежно как сама жизнь. Это надо воспринимать как данность. Рекорды и их достижение являются неотъемлемой частью нашего эволюционирующего мира. В разных сферах человеческой деятельности цена прорыва может быть совершенно различной, от простого разочарования от неудачи и вплоть до трагического исхода. Причем, чем ближе вероятность последнего, тем сильнее тяга побывать на этом самом краю. А иногда и за ним... И к этому тоже следует относиться философски: как к чему-то очень страшному, но - неизбежному...

Начало нашего тысячелетия в дайвинге ознаменовалось преодолением в режиме автономного спуска очень серьезной психологической черты – глубины с «круглой» цифрой 1000. Тысяча футов (в метрах это будет 305)!

Событие произошло 6 ноября 2001 года. У берегов филиппинского острова Миндоро англичанин Джон Беннетт (John Bennett) достиг глубины 308 метров. Особо подчеркнем, - погружение осуществлялось в автономном снаряжении (то, что принято называть SCUBA), то есть не было никаких «пуповин» с поверхности или из водолазного колокола, не существовало никаких сигнальных или страхующих концов, погружение совершалось с обычного катера, и вся декомпрессия проистекала непосредственно в толще воды. Это принципиально отличает автономные погружения от промышленных водолазных спусков в режиме КП или ДП, где задействованы мощнейшие системы жизнеобеспечения. На сегодняшний день и это достижение уже трижды перекрыто.

В несколько усеченном виде (и совершенно не претендуя на полноту информации) краткий экскурс в историю рекордных погружений в автономном снаряжении можно представить в виде следующей таблицы:

Рекордные спуски в автономном снаряжении

<i>Год</i>	<i>Имя</i>	<i>Глубина</i>	<i>ДГС</i>	<i>Место погружения</i>
1955	Jacques Cousteau	64	Air	Vaucluse, France
1956	Salesman & Jenkins	76	Air	Wakulla, Florida
1947	Frederic Dumas	93	Air	Red Sea
1965	James Houtz	95	Air	Devils Hole, Nevada
1969	Frank Salt	101	Air	Sinoia Caves, Rhodesia
1988	Marty Dunwoody	105	Air	Florida
1961	Jean Clark Samazen	106	Air	Florida
1963	Hal Watts	107	Air	Florida
1967	Watts & Muns	118	Air	Florida
1970	Hal Watts	121	Heliox	Mystery Sink, Florida
1988	Mary Ellen Eckhoff	121	Trimix	Mante, Mexico
1970	Hal Watts	126	Air	Mystery Sink, Florida
1968	Watson & Gruener	132	Air	Bahamas
1971	Ann Gunderson	133	Air	Bahamas
1990	Bret Gilliam	137	Air	Roatan
1993	Bret Gilliam	144	Air	San Salvador
1994	Dan Manion	148	Air	Nassau, Bahamas
1993	Ann Kristovich	168	Trimix	Zacatan, Mexico
1987	Sheck Exley	198	Heliox	Mante, Mexico
1989	Sheck Exley	267	Trimix	Mante, Mexico
1994	Jim Bowden	280	Trimix	Zacatan, Mexico
2001	John Bennett	308	Trimix	Mindoro, Philippines
2003	Mark Ellyatt	313	Trimix	Phuket, Thailand
2005	Nuno Gomes	318	Trimix	Dahab, Egypt
2005	Pascal Bernabe	330	Trimix	Corsica

Рекордные погружения, разумеется, не имеют ничего общего с рабочими водолажными спусками. Но, несмотря на всю свою специфику и ярко выраженную индивидуальность, они несут в себе очень важную миссию, - жестко выявляют широкий спектр проблем и вопросов, над решением которых предстоит работать на пути практического использования достижений технического дайвинга.

Технический прогресс в развитии снаряжения сделал его достаточно надежным и работоспособным в широком диапазоне глубин при самых тяжелых условиях эксплуатации. Методика многократной смены дыхательных газовых смесей в ходе спуска, использование разнообразной конфигурации основных и этапных баллонов, а также

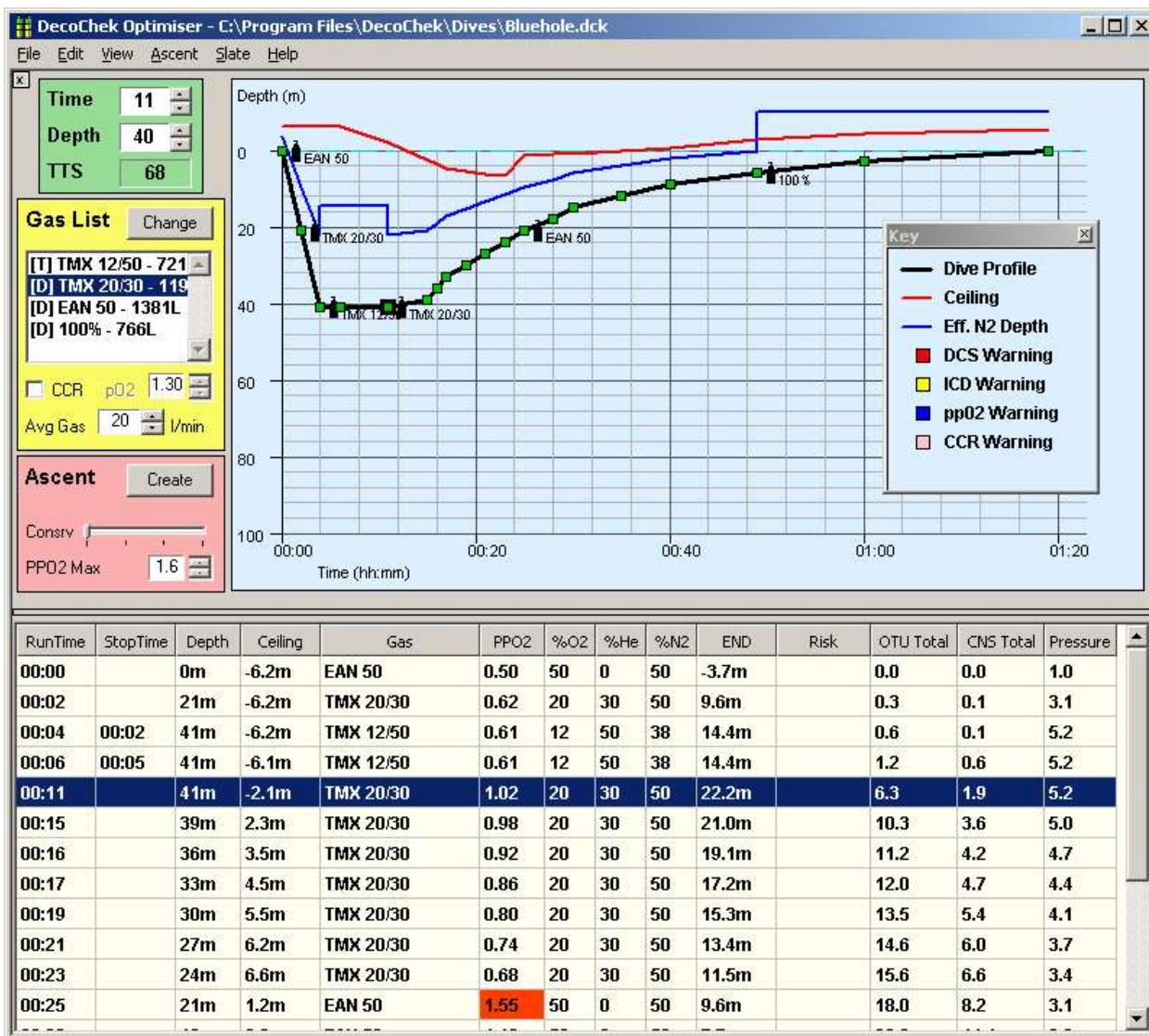
принципиально новых типов дыхательных аппаратов – смесевых ребризеров с автоматической регулировкой состава ДГС, позволила существенно минимизировать декомпрессионные режимы, чему также способствовало активное применение компьютерных программ и многофункциональных водолазных компьютеров.

Компьютерные программы расчета профиля спуска

Расчет декомпрессионных режимов по традиционным таблицам во многих случаях не представляется возможным. Это, прежде всего, связано с многократным переключением дыхательных газовых смесей как в процессе погружения на глубину, так и в период собственно декомпрессии. Причем, для каждого конкретного спуска их состав и сочетание могут быть весьма разнообразными. Таблицы такой гибкости не имеют. Зато программы, основанные, как правило, на алгоритме Бульмана ZH16, позволяют в полной мере использовать все преимущества применения оптимальных смесей (best mix), их эффективную смену, тем самым минимизируя декомпрессионные обязательства. Кроме того, программы позволяют закладывать в зависимости от условий спуска необходимый уровень консерватизма в достаточно широком диапазоне, в том числе и значения градиентного фактора. Примерами таких программных продуктов, уже достаточно хорошо зарекомендовавших себя в течение нескольких лет, являются: ProPlanner, Voyager, Z-Planner, D-Planner, GAP, V-Planner, DecoCheck, Nautilus и ряд других. Основные преимущества компьютерных программ перед табличными версиями заключаются в следующем:

- Широкий диапазон глубин и экспозиций
- Использование различных алгоритмов декомпрессии
- Возможность использования любых по составу ДГС
- Возможность переключения на неограниченное количество смесей в процессе спуска и в любой последовательности
- Возможность планирования режимов декомпрессии для любых типов снаряжения, в том числе и для ребризеров (т.е. при постоянном значении PO₂)
- Коррекция декомпрессионных режимов в зависимости от выбранного уровня консерватизма и градиентных факторов
- Учет индивидуальных особенностей водолаза (например, интенсивности дыхания)
- Многолетний опыт использования программ и огромный объем статистического материала по их применению внушают здоровый оптимизм
- Удобство пользователя и простота в эксплуатации
- Автоматический расчет в ходе спуска следующих важнейших показателей:
 - глубины переключения на соответствующие ДГС
 - уровень процента кислородной интоксикации ЦНС и общего кислородного отравления организма (OTU)
 - выбор горизонтов проведения глубоких остановок
 - отработка заданных скоростей погружения и всплытия
 - уровень наркотического воздействия азота в виде эквивалентной азотной глубины (END)
 - необходимые запасы газов по каждой ДГС

На Рис.4 приведен пример изображения профиля спуска на экране монитора при работе с одной из таких программ – DecoCheck.



DecoChek Dive Plan

Depth	Arrive	Stop	Leave	Mix
0m			00:00	EAN 50
21m	00:03			TMX 20/30
41m	00:06	00:07	00:13	TMX 12/50
39m	00:17			TMX 20/30
36m	00:18			TMX 20/30
33m	00:19			TMX 20/30
30m	00:21			TMX 20/30
27m	00:23			TMX 20/30
24m	00:25			TMX 20/30
21m	00:27			EAN 50
18m	00:30			EAN 50
15m	00:32			EAN 50
12m	00:37			EAN 50
9m	00:42			EAN 50
6m	00:51			100%
3m	01:02			100%
0m	01:21			100%

Немаловажной функцией практически всех программ является возможность вывода на экран упрощенной версии профиля спуска с декомпрессионными остановками. После распечатки данная таблица ламинируется и берется водолазом с собой под воду.

Оперативная смена ДГС в процессе водолазного спуска

При водолазных спусках на большие глубины появляется необходимость использовать различные по составу ДГС на разных горизонтах. Это связано с

необходимостью поддержания в безопасных пределах уровня парциальных давлений кислорода (как правило, до 1,6 ата) и азота (обычно не более 4-5 ата). При этом, если диапазон рабочих глубин достаточно большой, для оптимизации состава ДГС могут использоваться до 4-х и более смесей. Это, как правило: чистый кислород, воздух, различные кислородно-азотные смеси – КАС (Nitrox), кислородно-гелиевая смесь - КГС (Heliox), кислородно-азотно-гелиевая смесь - КАГС (Trimix), и, как ее частный случай – воздушно-гелиевая смесь – ВГС (HeliAir).

При спусках в автономном режиме вся декомпрессия проходит в толще воды, поэтому экспозиция спуска является одним из ключевых лимитирующих факторов. В целях снижения продолжительности декомпрессионных остановок, смена ДГС производится чаще, чем при традиционных спусках методами КП и ДП. Это позволяет в определенной степени оптимизировать состав дыхательной смеси, что, в свою очередь, уменьшает декомпрессионные обязательства и риск контрдиффузии. Ниже приведен пример типового спуска на 100 метров с экспозицией на грунте 12 минут (без учета времени погружения на глубину), рассчитанный по программе Z-Planner.

Zplan v1.03 (c) Copyright 1997-98, William M. Smithers
DIVE PLAN
Waypoint at 30m for 0:00 (1) on Nitrox 40.0, PPO2 1.592, END 20
Waypoint at 60m for 0:00 (3) on Trimix 20.0/23.0, PPO2 1.392, END 40
Waypoint at 100m for 12:00 (16) on Trimix 12.0/50.0, PPO2 1.312, END 43
Deep Stop at 63m for 1:00 (21) on Trimix 12.0/50.0, PPO2 0.871, END 25
Waypoint at 60m for 0:00 (21) on Trimix 20.0/23.0, PPO2 1.392, END 40
Deep Stop at 45m for 1:00 (24) on Trimix 20.0/23.0, PPO2 1.094, END 30
Deep Stop at 36m for 1:00 (26) on Trimix 20.0/23.0, PPO2 0.915, END 23
Deep Stop at 30m for 1:00 (27) on Nitrox 40.0, PPO2 1.592, END 20
Norm Stop at 24m for 1:00 (29) on Nitrox 40.0, PPO2 1.353, END 16
Norm Stop at 21m for 3:00 (32) on Nitrox 40.0, PPO2 1.234, END 14
Norm Stop at 18m for 4:00 (36) on Nitrox 40.0, PPO2 1.115, END 11
Norm Stop at 15m for 5:00 (41) on Nitrox 40.0, PPO2 0.996, END 9
Norm Stop at 12m for 8:00 (49) on Nitrox 40.0, PPO2 0.877, END 7
Norm Stop at 9m for 12:00 (60) on Nitrox 40.0, PPO2 0.757, END 4
Norm Stop at 6m for 13:00 (73) on 100% Oxygen, PPO2 1.596, END 0
Norm Stop at 3m for 24:00 (97) on 100% Oxygen, PPO2 1.298, END 0

TOTAL DECO TIME: 74 minutes.
DIVE RUN TIME: 97 minutes.
CNS Total: 60.5%
OTU's: 124
1284.3 Ltr. of 40.0% consumed.
586.6 Ltr. of 20.0/23.0 consumed.
3204.7 Ltr. of 12.0/50.0 consumed.
780.3 Ltr. of 100.0% consumed.
5855.9 Ltr. total open circuit gas consumed.

До глубины 30 метров водолаз идет на 40% КАС (EAN40), далее до 60 м – на этапной 20/23 КАГС (ТМх 20/23), и отсюда – на донной 12/50 КАГС (ТМх 12/50). Всплытие происходит в обратной последовательности, за исключением двух последних декомпрессионных остановок, где водолаз переключается на дыхание чистым кислородом.

Программа выдала полную информацию по профилю спуска, декомпрессионным режимам, горизонтам смены ДГС.

Также автоматически были рассчитаны общее время на декомпрессию (74 мин.), суммарное время водолазного спуска (97 мин.), уровень кислородной интоксикации ЦНС (60,5%), общая кислородная нагрузка на организм (124 единицы).

Весьма полезным является автоматический расчет необходимого запаса газов по каждой используемой ДГС, исходя из заданной величины интенсивности дыхания (RMV). В нашем примере RMV = 17 л/мин и 15 л/мин для донной и этапных смесей соответственно.

Автономное снаряжение для глубоководных спусков

Классифицировать автономные дыхательные аппараты по принципу действия можно на два основных типа: работающие по открытой схеме дыхания и рециркуляционные аппараты (ребризеры). Более подробно классификационную схему можно представить в следующем виде (Рис.5):



Аппараты, работающие по открытому циклу дыхания

Развитие глубоководных спусков в автономном снаряжении изначально шло по экстенсивному пути. За счет увеличения емкости баллонов дыхательного аппарата с открытой схемой дыхания, их количества и рабочего давления в них.

Конфигурация автономного снаряжения для глубоководных спусков строится по принципу дублирования основных элементов снаряжения, которые непосредственно отвечают за жизнеобеспечение водолаза. Это основной и резервный регуляторы



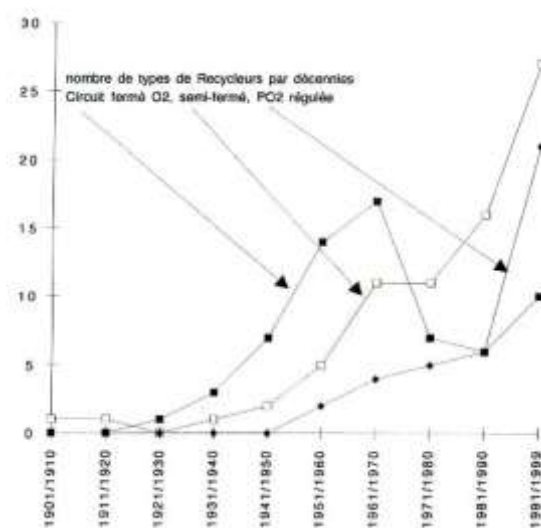
и резервный регуляторы (дыхательные автоматы), двойная емкость регулировки плавучести (BCD), продублированные приборы контроля глубины и времени, и др. Как уже отмечалось, глубоководные погружения в автономном режиме предполагают смену дыхательных газовых смесей в процессе спуска. Это заставляет водолаза нести на себе дополнительные (этапные) баллоны с соответствующими ДГС. Необходимые объемы газов также планируются как минимум с полуторным запасом, по так называемому «правилу третьей».

Системы с открытой схемой дыхания достаточно хорошо отработаны и неплохо зарекомендовали себя в многочисленных глубоководных экспедициях во всех акваториях мира. Тем не менее, они имеют существенные ограничения, связанные, прежде всего, с достаточно высоким расходом ДГС и, как результат, чрезмерно большим количеством необходимых баллонов, регуляторов и т.д., что приводит к довольно громоздким комплектациям (Рис.6). Имеется и еще ряд весьма серьезных ограничений, таких как дискретность состава ДГС при переключениях, чрезмерная пересушенность дыхательных смесей и их низкая температура.

Аппараты, работающие по замкнутой схеме дыхания (ребризеры)

Ребризеры в последние годы стали приобретать все большую популярность как в любительском дайвинге так и среди профессионалов. На приведенной диаграмме (Рис.7) показана тенденция развития рециркуляционных аппаратов различных типов за последние 100 лет (данные ассоциации *AHR - L'Avenir et Histoire des Recycleurs*).

Интересно отметить резкий всплеск развития практически всех типов ребризеров в последнее десятилетие, но особенно интенсивный рост наблюдается у аппаратов с автоматическим поддержанием уровня PO_2 .



Наиболее технически совершенными являются **смесевые аппараты полностью замкнутого цикла с электронной регулировкой состава дыхательной смеси.**

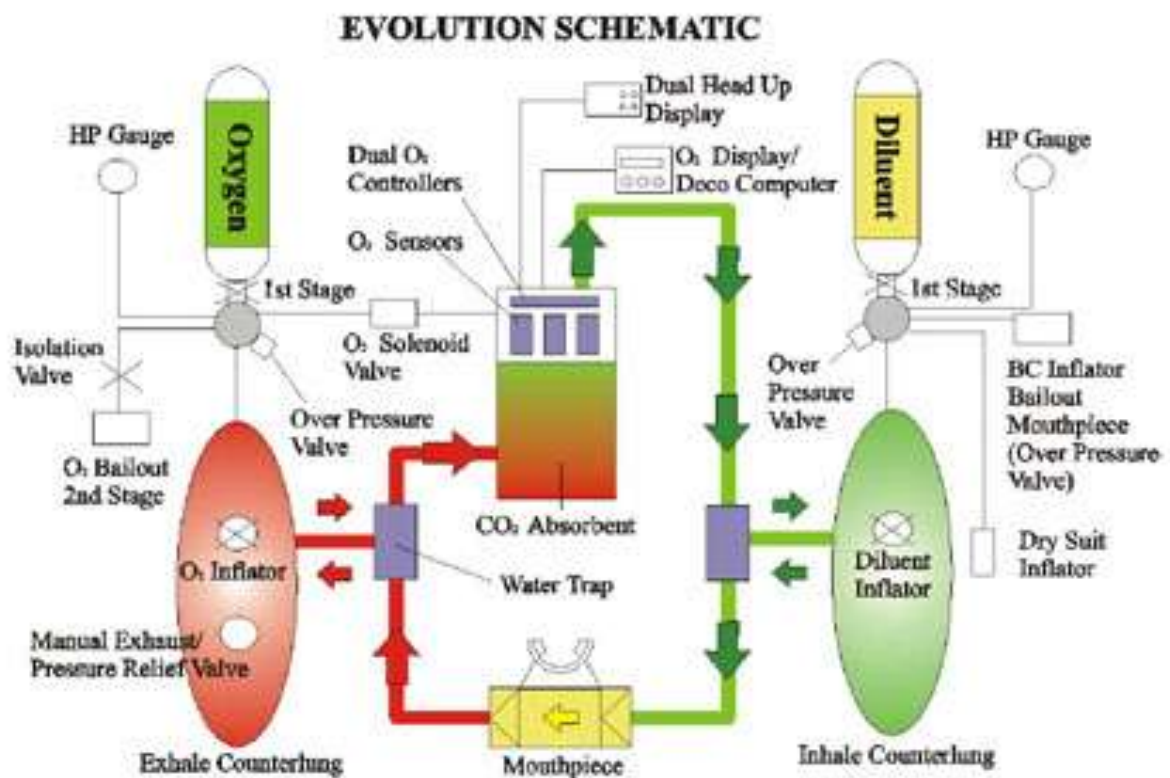
Наибольшее распространение среди ребризеров данного типа получили аппараты *Inspiration* (выпущено более 7000 единиц) и его модернизированная и уменьшенная модификация – *Evolution* (Рис.8).

Принципиальная схема аппарата *Evolution* приведена на Рис.9.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АППАРАТА *EVOLUTION*

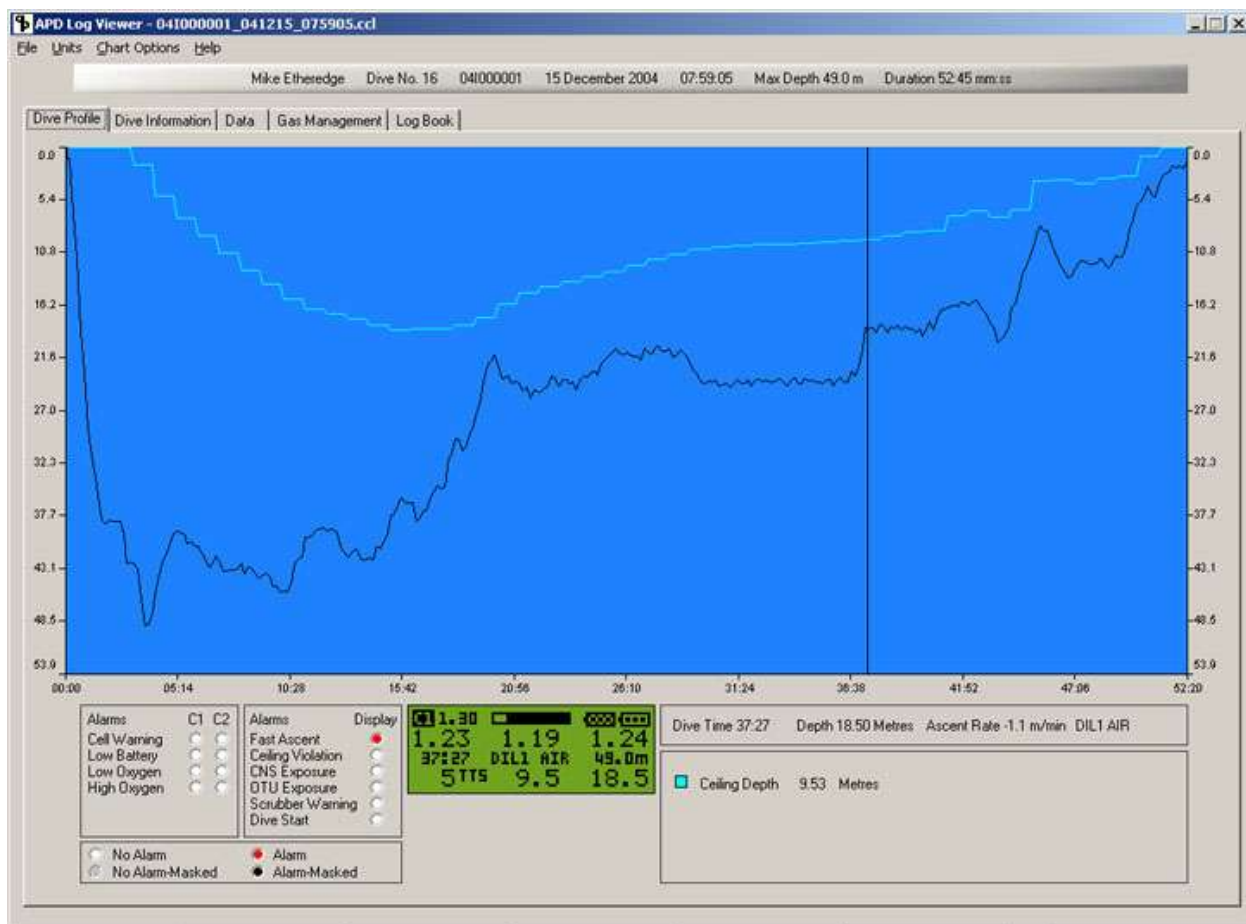
Источник питания	Две литиевые 6-вольтовые батареи. Рекомендуется Fujitsu Lithium типа CRP2 либо аналог
Компенсатор плавучести	Типа «крыло» двух размеров: грузоподъемностью 16 кг либо 22,5 кг
Емкость патрона-поглотителя	2,1 кг для Sofnolime 797
Абсорбент	Рекомендован Sofnolime градации 797 Длительность работы одной заправки: 3 часа
Объем дыхательных мешков	11,4 л (2 x 5,7) при размере M 14 л (2 x 7) при размере L
Баллоны	2-литровый баллон для кислорода, 2-литровый баллон для дилуента
Ограничения по глубине	50 м – для воздуха в качестве дилуента

	100 м – глубина, для которой гарантированы все рабочие параметры 100 м – сертификация CE 110 м – глубина тестирования с тримиксом в качестве дилуента 150 м – глубина тестирования с гелиоксом в качестве дилуента 160 м – глубина тестирования всех элементов аппарата по давлению
Габариты	Высота: 490 Ширина: 410 Глубина: 350 (включая подвеску и ВС)
Вес снаряженного аппарата	24,4 – 24,7 кг
Погрешность показаний монитора	+/- 0,05 бар
Система подвески	Регулируемая, возможна в четырех размерах: S, M, L, XL
Контроль по кислороду	Две регулируемых Установки (Setpoint) – нижняя и верхняя
Кислородные датчики	3 гальванических сенсора типа APD10
Диапазон регулировки нижней Установки	0,5 – 0,9 бар
Диапазон регулировки верхней Установки	0,9 – 1,5 бар
Уровни срабатывания тревожных сигналов	Нижний – при $PO_2 = 0,4$ бар Верхний – при $PO_2 = 1,6$ бар
Диапазон рабочих температур	От $+4^{\circ}C$ до $+32^{\circ}C$
Срок годности кислородных датчиков	18 месяцев



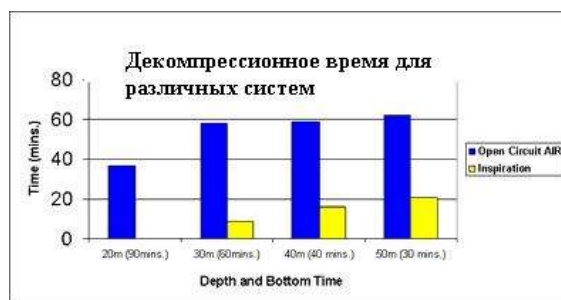
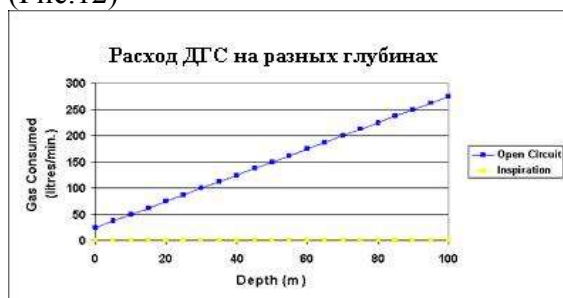
Отличительной особенностью модифицированной версии аппарата является принципиально новая электроника, функциональные возможности которой позволяют оперативно управлять параметрами ребризера, такими, например, как выбор установочного давления (Setpoint) и поддержание постоянного значения PO_2 независимо от глубины, автоматическое переключение его на заданном горизонте, текущий расчет декомпрессионного режима в реальном масштабе времени, отображение рабочей зоны картриджа патрона поглотителя, световые и звуковые тревожные сигналы о превышении безопасных параметров, и многое другое. Модемный блок дает возможность выводить на

персональный компьютер всю информацию о проведенном спуске для последующего анализа (см. Рис.10).



Многолетний опыт автора в эксплуатации этих аппаратов позволяет говорить о целом ряде преимуществ рециркуляционных систем перед снаряжением с открытой схемой дыхания. К ним относятся:

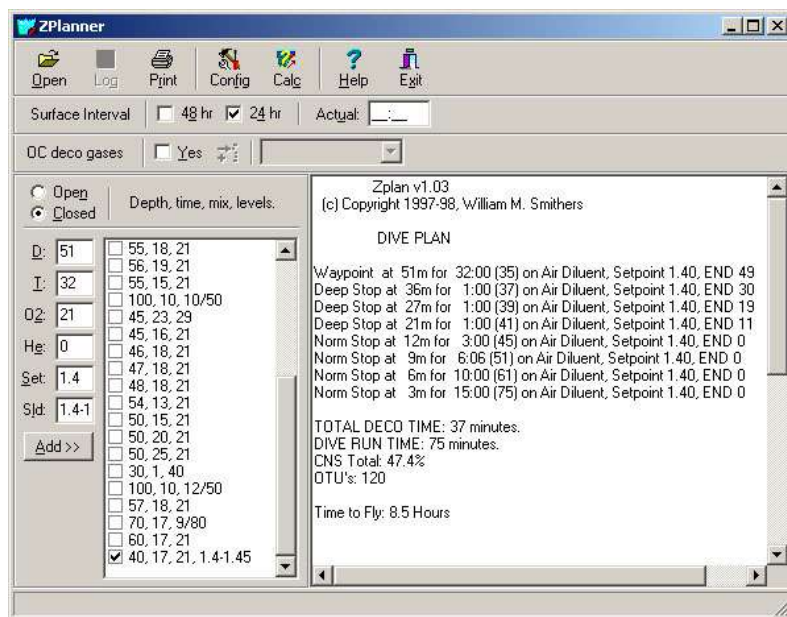
- Широкий диапазон рабочих глубин
- Высокая автономность (более трех часов работы на одной заправке, причем независимо от глубины погружения), низкий расход газов (Рис.11)
- Комфортность дыхания (в результате химической реакции в патроне поглотителя, ДГС на дыхание поступает подогретой и увлажненной). Как результат – снижение теплотерь и риска обезвоживания организма
- Оптимизация дыхательной смеси. Автоматически поддерживается заданное парциальное давление кислорода во всем диапазоне глубин
- Снижение времени на декомпрессию (Рис.12)



Ниже приводятся сравнительные режимы декомпрессии при погружении на аппаратах с открытой схемой дыхания (на воздухе и с использованием для декомпрессии кислорода на последних остановках) и на ребризере. Выбран типичный спуск на глубину 51 метр с экспозицией на грунте 35 минут. Режим погружения на открытой схеме взят из стандартных отечественных декомпрессионных таблиц (Единые правила безопасности труда на водолазных работах – РД 31.84.01-90):

Глубина спуска, м	Экспозиция на грунте, мин	Время перехода на первую остановку или на поверхность, мин	Глубина остановок, м												Общее время декомпрессии при дыхании		
			36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	Воздухом, ч. мин	Воздухом и кислородом, ч. мин	
			При дыхании воздухом						При дыхании воздухом (кислородом)								
51	5	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 07	- -
	10	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 (3)	- 12	- 10	
	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9 (5)	14 (7)	18 (9)	- 29	- 18	
	20	6	-	-	-	-	-	-	-	5 (3)*	8 (4)	12 (6)	18 (9)	21 (11)	- 49	- 28	
	25	6	-	-	-	-	-	-	-	10 (5)*	13 (7)	18 (9)	21 (11)	31 (16)	1 08	- 38	
35	5	-	-	-	-	-	-	-	12 (6)	19 (10)*	20 (10)	24 (12)	31 (16)	1 51	- 59		

Для ребризера – режим рассчитан по программе Z-Plan версия v1.03 (алгоритм Бульмана ZH 16с). Тип ребризера – *Inspiration / Evolution*, установка PO₂ (Setpoint) - 1,4; дилуент – воздух (Рис.13).



Анализ показывает, что общее время декомпрессии на ребризере составляет 37 минут против 1 часа 51 мин при погружении на воздухе, т.е. почти в три раза меньше. В случае использования в открытой схеме кислорода начиная с 15-метровой отметки (что крайне опасно из-за гипероксии), декомпрессия сократится до 59 минут, что, тем не менее, превышает режим ребризера для данного спуска более чем в полтора раза.

Еще одним немаловажным фактором является расход газов на дыхание. В рассматриваемом примере погружение по открытой схеме потребует порядка 7650 литров воздуха (при интенсивности дыхания 20 литров/мин). Это – четыре 10-литровых баллона, заправленных до 200 атм. При тех же условиях при использовании ребризера потребление составит порядка 80 литров кислорода (это менее 30 атм из 3-литрового баллона аппарата) и еще меньше дилуента. Таким образом, одна заправка ребризера обеспечивает возможность совершить до трех погружений по данному режиму.

Эффективность использования смесевых рециркуляционных аппаратов

Наибольшую эффективность смесевые замкнутые ребризеры приобретают при глубоководных погружениях (от 60 до 120 метров). То есть тогда, когда для дыхания используются смеси на основе дорогостоящего гелия. Спуски на аппаратах с открытой схемой становятся не только экономически малоэффективными, но и технически трудновыполнимыми, прежде всего, из-за необходимости иметь огромные запасы различных по составу ДГС. Весьма продолжительные режимы декомпрессии на обезвоженных смесях и при интенсивных теплопотерях, наряду с высокой вероятностью изобарической контрдиффузии при переключении ДГС, увеличивают риск возникновения декомпрессионного заболевания.

Анализ существующих автономных водолазных систем позволяет говорить о крайне высокой перспективности использования смесевых аппаратов замкнутого цикла (ребризеров) с электронной регулировкой состава ДГС в широком спектре подводных работ, носящих эпизодический характер (Рис.14). Аппараты замкнутого типа показали свою эффективность во всем диапазоне рабочих глубин. Но особенно это проявляется на средних (30-60 метров) и больших (до 100 - 120 м) глубинах. Высокая автономность позволяет проводить водолазные спуски с необорудованных плавсредств, а компактность снаряжения и практически полное отсутствие необходимости обеспечения с поверхности делают данный метод максимально мобильным и экономически эффективным при решении целого ряда специфических задач.



Обучение и подготовка водолазов

Специфика глубоководного использования автономного снаряжения вообще и смесевых ребризеров в частности, накладывает особые требования к подготовке водолазных кадров.

В последнее время прослеживается весьма тревожная тенденция. Развитие технического прогресса повлекло за собой выпуск в массовом количестве надежного водолазного снаряжения, дыхательных аппаратов и приборов контроля режимов погружения. На этом светлом фоне, увы, наблюдается и некоторое несоответствие человеческого сознания высокому уровню технической оснащенности. Как результат, люди легко могут перешагнуть за пределы своего персонального уровня подготовки и тренированности, что приводит порой к весьма трагическим последствиям. Именно поэтому, вопрос обучения ставится сегодня как краеугольный камень безопасности подводных погружений (Рис.15).



Принципиальной позицией ведущих международных ассоциаций является осознание того, что их роль – обеспечить технически грамотную информационную поддержку различных аспектов водолазной активности, необходимых для обучения. Ни в коем случае не ставится жесткий диагноз,

как следует погружаться. Задачей является снабдить курсанта реалистичной информацией, чтобы в дальнейшем он имел возможность разумного ответственного выбора.

Стоит свыкнуться с мыслью, что в техническом дайвинге не существует догматов и жестких инструкций типа «делай только так и не иначе!». Разумеется, физические законы и физиологические пределы никуда не исчезают, но в рамках этого естественного русла и на основе знаний и опыта водолаз волен выбирать наиболее оптимальный лично для него тип и вариант конфигурации снаряжения и путь выполнения поставленной задачи.

Должна быть понятна простая истина: совокупность грамотного подхода и оптимизация действий в соответствии с индивидуальными предпочтениями – залог комфортного самочувствия, безопасности и, в немалой степени, успеха всего погружения.

Из всего этого вытекают основные принципы подготовки спускам в автономном режиме, на которых как на китах зиждется весь мир данного направления подводной активности. Можно выделить четыре краеугольных камня, четыре «О»:


- Оборудование
- Обучение
- Опыт
- Ответственность

Эти четыре «О» - как несущие колонны; подгнила одна,- и рухнет вся конструкция. Причем, «Ответственность» оказалась в списке на последнем месте исключительно по алфавиту, но не по своей значимости. **Личная ответственность** водолаза за безопасность проведения спуска – это принципиальный подход к вопросу подготовки специалиста.

На сегодняшний день в мире действуют несколько международных ассоциаций, проводящих обучение глубоководным спускам в автономном снаряжении. Наиболее известные из них: PSAI (Professional Scuba Association International) – (Рис.16), IANTD (International Association of Nitrox and Technical Diving) – (Рис.17), NAUI (National Association of Underwater Instructors), TDI (Technical Diving International), и ряд других. Как правило, стандарты и программы учебных курсов всех ассоциаций достаточно похожи и взаимопризнаваемы. Это объясняется многолетними наработками и устоявшимися взглядами на проблематику данного вопроса в мировом сообществе.



В качестве примера ниже приведена сводная таблица основных учебных курсов технического дайвинга ассоциации PSAI (Professional Scuba Association International):

 Курс PSAI	Наименование курса (русская интерпретация)	Миним. кол-во спусков	Предварительные требования к квалификации курсанта
Deep Air Level 1 (30m)	Спуски на воздухе. Уровень 1	2	Базовый курс Open Water Diver
Deep Air Level 2 (40m)	Спуски на воздухе. Уровень 2	2	Open Water, Deep Air Level 1
Deep Air Level 3 (45m)	Спуски на воздухе. Уровень 3	2	Open Water, Deep Air Level 2
Deep Air Level 4 (55m)	Спуски на воздухе. Уровень 4	2	Open Water, Deep Air Level 3
Deep Air Level 5 (60m)	Спуски на воздухе. Уровень 5	2	Open Water, Deep Air Level 4
Deep Air Level 6 (73m)	Спуски на воздухе. Уровень 6	2	Open Water, Deep Air Level 5
Basic Nitrox (40m)	Кислородно-азотные смеси (содерж. O ₂ до 40%)	1	Наличие уровня Open Water или его параллельное прохождение вместе с данным курсом
Advanced Nitrox & Decompression (45m)	Декомпрессионные спуски на КАС (содерж. O ₂ до 100%), переключение смесей в ходе декомпрессии	6	Open Water и Basic Nitrox Diver, Deep Air Level 2, не менее 25 подтвержденных погружений
Extended Range (55m)	Декомпрессионные спуски на воздухе на предельные глубины с декомпрессией на КАС	6	Advanced Nitrox, включающий Decompression Procedures, Deep Air Lev.4 Наличие не менее 75 подтвержденных погружений, из которых 20 должны быть глубже 30 метров.
Trimix Level 1 (60m)	Спуски на КАГС (кислородно-азотно-гелиевых смесях). Уровень 1	4	Open Water, Extended Range или эквивалент. Минимум 250 подтвержденных погружений, из которых 50 глубже 30 метров.
Trimix Level 2 (75m)	Спуски на КАГС (кислородно-азотно-гелиевых смесях). Уровень 2	2	
Trimix Level 3 (100m)	Спуски на КАГС (кислородно-азотно-гелиевых смесях). Уровень 3	2	
Wreck Penetration 55 m	Спуски на затонувшие объекты с проникновением	6	Advanced Open Water, минимум 50 подтвержденных спусков, из которых 20 на глубины более 18 м
Active SCR (Dräger Dolphin / Ray)	Полузамкнутые ребризеры с активной подачей ДГС (аппараты Dolphin, Ray фирмы Dräger)	5	Open Water, Basic Nitrox, не менее 25 подтвержденных погружений
Passive SCR (RB80, Tourill, Ron,...)	Полузамкнутые ребризеры с пассивной подачей ДГС (аппараты RB80, Tourill, Ron,...)	5	Open Water, Advanced Nitrox, не менее 50 подтвержденных погружений
CCR Air Diluent (Inspiration / Evolution) 45 (50) m	Смесевой аппарат замкнутого цикла Inspiration / Evolution Базовый уровень глубина 45 (50) м, (дилуент - воздух)	6	Nitrox и Advanced Nitrox или эквивалент с навыками Decompression Procedures 100 подтвержденных погружений. Каждое погружение на SCR засчит. как 2 на аппаратах открытого цикла дыхания.
Mixed-gas CCR (Inspiration / Evolution) Trimix or Heliox Diluent 100 m	Смесевой аппарат замкнутого цикла Inspiration / Evolution Декомпрессионные погружения. Глубина учебных спусков 100 м дилуент - КАГС или КГС	6	CCR Diver или эквивалент. Advanced Nitrox или эквивалент с навыками Decompression Procedures Курс Mixed Gas Diver (может быть проведен параллельно с данным курсом) 250 подтвержденных погружений. Из них 100 на CCR. 50 спусков на любом типе снаряжения должны быть глубже 30 метров

Программа всех курсов достаточно насыщенная и строится практически на индивидуальном подходе. Численность группы, как правило, не превышает 4-х человек, а при учебных глубоководных спусках – 2 курсанта на одного инструктора. Что характерно, на всех погружениях инструктор находится в воде в непосредственном контакте с курсантами, осуществляя прямой контроль за их действиями.

Заключительные положения

Исторически техника и методика проведения глубоководных спусков в автономном режиме развивались силами и средствами энтузиастов технического дайвинга. То есть, любительскими ассоциациями. В настоящее время эта активность переживает настоящий бум. В немалой степени этому способствует ярко выраженный прогресс в области водолазного снаряжения, и особенно в разработке и совершенствовании смесевых рециркуляционных аппаратов с автоматической регулировкой состава дыхательной смеси.

В последние годы данная методика стала активно развиваться и в странах СНГ. В сентябре 2006 года нашим соотечественником достигнута глубина 240 метров. Регулярно проводятся экспедиции по обследованию затонувших объектов на больших глубинах, причем, как за рубежом, так и в наших морях. Ниже приводится далеко не полный перечень наиболее интересных объектов, в спусках на которые принимал участие автор статьи:

- Транспорт «Цесаревич Алексей», затонул в I мировую. Черное море. Глубина 50 м.
- Британская подлодка “Stabborn”, II мировая. Средиземное море. Гл. 54 м (Рис.18).
- Российская подлодка времен I мировой (предположительно «Гагара»). Черное море. Глубина 78 м
- Французский лайнер “Karnak”. I мировая. Средиземное море. Глубина 63 м.
- Карстовая воронка “Forty Fathom Grotto”, Флорида. Глубина 73 м.
- Германский торпедный катер S-35. II мировая. Средиземное море. Глубина 65 м.
- Пещера на дне Thomas Canyon. Красное море. Глубина 98 м.
- Британский эсминец “Southworld”. II мировая. Средиземное море. Глубина 75 м.
- Английский барк “Agnes Blaikie” времен Крымской войны 1854-55 гг. Черное море. Глубина 85 м.
- Судно “Gulf Fleet”. Красное море. Глубина 103 м.
- Русский пароход «Игнатий Прохоровъ». I мировая. Черное море. Глубина 90 м.
- Геологическая аномалия Blue Hole. Красное море. Глубина 120 м.



Большинство погружений проводилось на ребризерах *Inspiration* и *Evolution* (Рис.19). За время спусков собран обширный статистический материал и можно говорить о наработке определенного опыта. Как в плане собственно методики глубоководных спусков, так и в вопросах подготовки и обучения.

Ситуация с профессиональным водолазным делом в России, наконец, продемонстрировала тенденцию к постепенному выходу из состояния стагнации, в которой отрасль пребывала в последнее



десятилетие. На этом фоне было бы, по меньшей мере, неразумно не обращать внимания на современные прогрессивные тенденции в технике и методике водолазных спусков. Как говорится, «чтобы не было потом мучительно больно...».

Сегодня мы имеем реальную возможность поставить технологию глубоководных спусков в автономном режиме на службу интересам народного хозяйства, адаптировав ее к условиям российской действительности и конкретным нуждам заинтересованных ведомств и организаций. Десятилетний отечественный опыт в использовании данного метода позволяет говорить о наличии серьезного задела как в проведении реальных глубоководных спусков в различных типах автономного снаряжения, так и в подготовке квалифицированных кадров для этого.

Комментарий Управления поисково-спасательных служб, поиска и спасания на водных объектах МЧС России



Безусловно, внедрение новых технологий проведения водолазных работ в условиях чрезвычайных ситуаций, являясь одним из компонентов спасательных технологий, заслуживает самого пристального внимания. С каждым годом растет количество водолазных работ: поиск и подъем затонувших объектов – автомобильной и другой тяжелой техники, летательных аппаратов, маломерных плавсредств; оказания помощи судам, терпящим бедствие; обследование подводных потенциально-опасных объектов и гидротехнических сооружений; устранение аварий на глубоководных выпусках, водозаборах и подводных продуктопроводах. При этом диапазон глубин на акваториях, входящих в зону ответственности, весьма широк и требует специализированного подхода к методике и техники проведения водолазных работ, особенно на больших глубинах.

Развитие системы МЧС России обязывает совершенствовать каждую компоненту спасательных сил, расширять диапазон их применения и возможностей в ходе предупреждения и ликвидации ЧС.

Преимущества автономного метода проведения водолазных спусков, изложенного в статье Сергея Черкашина, особенно его высокая мобильность, уже рассматриваются в плане практического применения, и данная методика нашла свое место в Концепции развития водолазного дела в системе МЧС России как одно из перспективных направлений.

Е.С.Глухов
Капитан I ранга, водолазный специалист