

Рациональная декомпрессия

Краткий обзор

Расчеты декомпрессионных расписаний при помощи коэффициентов (ratio deco) — это просто система, которая позволяет, применив «на ходу» определенный набор правил, выработать стратегию декомпрессии, которая будет работать для вас, в пределах тех глубин, на которые вы ныряете. Эти правила были выработаны как комбинация лучшего из различных теорий декомпрессии, профилей, рассчитанных компьютерными программами и различных принципов расчета декомпрессии, объединенных в единую методику, которую легко использовать «на ходу».

Использование коэффициентов для расчета декомпрессии возможно при погружениях любого плана, которые вы совершаете, и что более важно, эта система проста для использования самим дайвером, особенно во время погружения — если происходят какие-либо изменения по сравнению с ранее запланированной глубиной или временем, то декомпрессия может быть быстро пересчитана на ходу. Нижеприведенный материал о коэффициентах для расчета декомпрессии — это набор основных правил, которые выработаны исходя из использования Стандартных Дыхательных Смесей, Глубоких Декомпрессионных Остановок, Кислородного Окна, и учитывает инертный газ как находящийся в свободной форме, так и находящийся в растворенной форме. Общее время предлагаемой декомпрессии близко к тому, что предлагает профиль Бульмана, с фактором консервативности 30/85 и/или профиль программы V-planner (алгоритм RGBM/VPM-B) с фактором консервативности + 2. Однако, как вы увидите, график декомпрессии будет очень сильно отличаться от любого графика, который предлагают компьютерные программы или ваш наручный компьютер. График декомпрессии, рассчитанной при помощи коэффициентов, сочетает в себе все лучшее из декомпрессионной теории и практического опыта, которое существует на сегодняшний день. Существующие сейчас правила будут развиваться и дорабатываться дальше, по мере того, как будут расширяться наши знания о различных аспектах декомпрессии.

Общая перспектива

Предварительная информация

Традиционно, графики декомпрессии строились исходя из принципов теории Халдейна или Нео-Халдайневских моделей. Профиль подъема, составленный исходя из этих принципов, заставлял дайвера подниматься к поверхности настолько близко, насколько это возможно без превышения M-Величин¹, остановка делалась только на той глубине, на которой дайвер достигал соответствующей M-Величины, и дайвер был вынужден сначала подниматься близко к поверхности, а потом делать длинные остановки на небольших глубинах. Эта теория декомпрессии не учитывала возможности образования газовых пузырьков на глубине, без превышения M-Величин, и соответственно, пренебрегала возможностью роста таких или любых ранее существовавших пузырьков. Если говорить в общем виде, то такие теории предполагали, что пузырьки газа не будут выделяться из тканей дайвера до тех пор, пока он не превысит соответствующую M-Величину.

К сожалению, реальность не подтверждает эти предположения, и такие исследователи как Бульманн, обнаружили наличие изначально существующих «микрпузырьков», а также обнаружили, что другие пузырьки образуются гораздо глубже, чем считалось до этого. Брюс Винке, Дэвид Янг и другие исследователи, стали изучать процесс образования пузырьков и разрабатывать графики декомпрессии, которые бы учитывали существование таких

¹ M-Величина обозначает максимально возможное напряжение инертного газа, при котором не возникает симптомов декомпрессионного заболевания.

пузырьков, их механику и рост в свободном состоянии. Кроме этого, родилась концепция совершения «Глубоких Остановок», автором которой был Брайан Хилл, которая предусматривала профиль погружения с более медленным подъемом, что давало возможность транспортировки такого рода пузырьков к легким, до того, как они разрастутся до неконтролируемого состояния. Вместе с этим, дайверы стали использовать декомпрессионную модель Бульманна добавив в нее функцию Значение Градиента, в попытке «заставить» модель рассчитывать остановки начиная с большей глубины. Все эти исследования и подходы имели одну цель: рассчитать остановки начиная с гораздо большей глубины, чем в традиционных моделях декомпрессии, уменьшить скорость подъема без того, чтобы программа «наказывала» дайвера за дополнительное время глубоких остановок, и затем, сделать более мелкие остановки гораздо короче, чем в традиционных моделях. Процесс эффективной декомпрессии происходит на глубине, а не на 3 метрах.

Общая форма графика

График декомпрессии, начиная с глубоких остановок к более мелким, должен иметь такую общую форму, чтобы количество времени, проведенное на каждой остановке или группе остановок, было в два раза больше, чем количество времени, проведенное на предыдущей остановке или группе остановок. Например, если мы имеем несколько остановок на определенном отрезке декомпрессии, то каждый последующий отрезок с меньшей глубиной, должен быть в два раза дольше, чем предыдущий. Допустим, у нас есть по две (2) декомпрессионные остановки через 3 метра на каждом отрезке декомпрессии, тогда предположим, что:

Отрезок 1 — самый глубокий отрезок, и нам необходимо провести на этом отрезке 2 минуты в целом. В этом случае, мы проведем по 1 минуте на каждой из двух остановок, через каждые 3 метра, что даст нам общее время на этом отрезке в 2 минуты.

Отрезок 2 — в данном случае общее время будет 4 минуты (в два раза дольше, чем предыдущий, более глубокий отрезок), которые необходимо разделить между двумя остановками через каждые 3 метра, что означает по 2 минуты на каждой остановке.

Отрезок 3 — 8 минут (в два раза дольше, чем Отрезок 2), поделенные между двумя остановками через каждые 3 метра, что означает по 4 минуты на остановку.

Отрезок 4 — 16 минут (в два раз больше, чем Отрезок 3), поделенные между двумя остановками через каждые 3 метра, что означает по 8 минут на остановку.

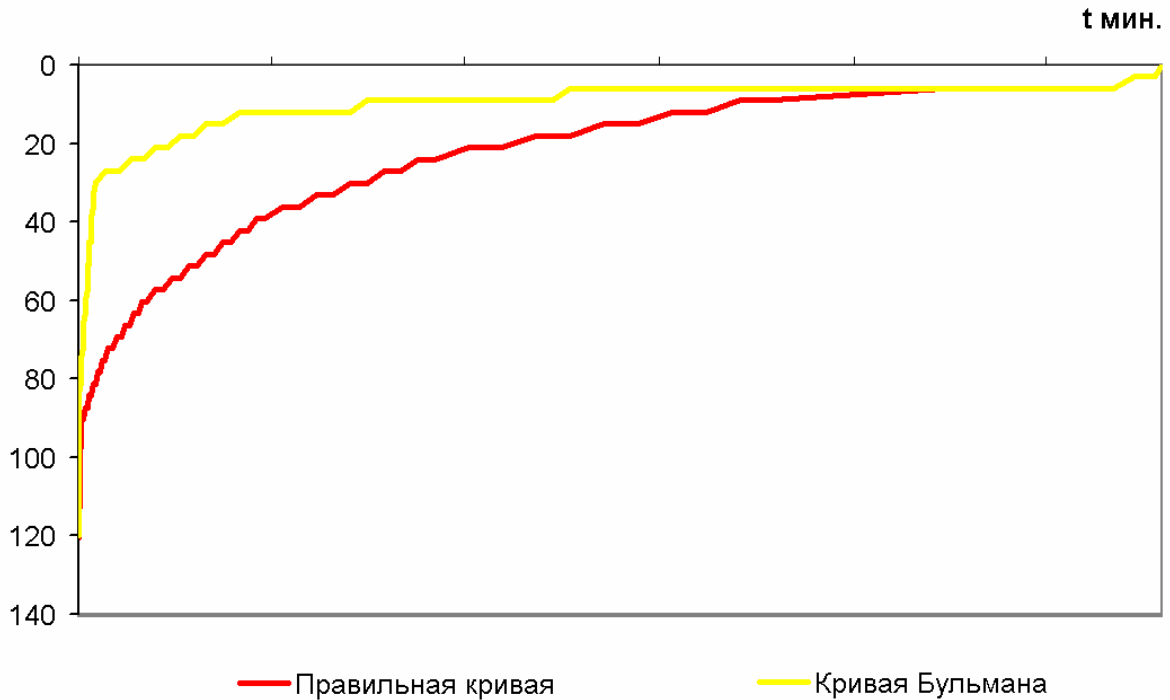
Отрезок 5 — обычно, время этого отрезка будет составлять 32 минуты, поделенные между 2 остановками. Однако, в том случае, если до выхода на поверхность у нас осталась всего одна остановка (3 метра), тогда, сохраняя общую форму графика, мы делаем 16 минут на одной остановке.

Применяя данный подход к Стандартным декомпрессионным газам, можно заметить, что каждый газ, как правило, покрывает 5 остановок со средним PPO² 1,2 атм., кроме кислорода, который примерно в два раза меньше остановок с PPO² 1,6 атм.

Деко Газ	Отрезок Глубины	Кол-во остановок	Комментарии
12/60	90 — 75	6 остановок	Редко используется
15/55	72 — 60	5 остановок	Редко используется
21/35	57 — 39	7 остановок	Редко используется
35/30	36 — 24	5 остановок	
50 % Найтрокс	21 — 9	5 остановок	
Кислород	6 — 0	«2,5» остановки	Остановка на 6 метрах + медленный подъем

Давайте посмотрим на график типичной формы декомпрессии для погружения на 120 метров. В случае правильного подъема, декомпрессионные остановки начинаются гораздо

глубже, чем в случае расчетом согласно модели Бульманна. Наш первый отрезок декомпрессии будет 90 — 75 метров и его время будет, допустим, 5 минут. Тогда наш следующий отрезок будет 72 — 60 метров и его время будет 10 минут. Следующий отрезок: 57 — 39 метров со временем 20 минут. Следующий отрезок: 36 — 24 метров, время 40 минут. Следующий отрезок: 21 — 9 метров и время 80 минут, и последний отрезок от 6 метров до поверхности, в котором будет только половина остановок, и на него тоже приходится 80 минут. Посмотрите, насколько общая форма графика отличается от графика по стандартной модели Бульманна, согласно которой первая остановка начинается на глубине 36 метров.



Таким образом, можно сказать, что время декомпрессии:

Время на O^2 = Времени на Найтрокс 50 %

Время на Найтрокс 50 % = 2 * время для газа 36 метров (35/30)

Время для газа 36 метров (35/30) = 2 * время для газа 57 метров (21/35)

Время для газа 57 метров (21/35) = 2 * время для газа 72 метров (15/55)

Пример:

Если мы хотим пройти декомпрессию с первой остановкой на 57 метрах, то у нас получится:

57 — 39 метров = 7 мин

36 — 24 метра = 15 мин

21 — 9 метров = 30 мин

6 метров = 30 мин

Цифры, которые мы здесь привели, не отражают параметры какого-то конкретного погружения, мы взяли их для того, чтобы привести очень общий пример формы графика. Время, которое мы определили для каждого отрезка декомпрессии, далее мы разделим между остановками внутри этого отрезка, в зависимости от того, какую форму графика декомпрессии мы хотим внутри этого отрезка (см. ниже).

Время, которое нам необходимо провести на «кислородном» отрезке декомпрессии определяется исходя из Времени на Дне и средней глубины, после этого мы начинаем рассчитывать время для каждого из более глубоких отрезков декомпрессии.

Пример:

45 метров отрезок на $O^2 = 1/2 * \text{Время на Дне}$

66 метров отрезок на $O^2 = 1 * \text{Время на Дне}$

81 метров отрезок на $O^2 = 1.2 * \text{Время на Дне}$

90 метров отрезок на $O^2 = 1.5 * \text{Время на Дне}$

105 метров отрезок на $O^2 = 2.2 * \text{Время на Дне}$

120 метров отрезок на $O^2 = 3 * \text{Время на Дне}$

Т.е. если вы сделали погружение на 66 метров на 25 минут, ваше время для каждого отрезка декомпрессии составит:

Отрезок на $O^2 = 25$ мин.

21 — 9 метров = 25 мин

36 — 24 метра = 12 мин

57 — 39 метров = 6 мин

«Средняя» глубина

Самый легкий способ найти «среднюю» глубину погружения, заключается в том, чтобы разбить все погружение на пятиминутные интервалы. Найдите среднее значение для каждого из пятиминутных интервалов. Возьмите самую глубокую часть погружения и самую мелкую и сложите их вместе. Разделите результат на два. Полученное число будет средней глубиной для вашего погружения. Теперь сопоставьте его с глубиной и временем. Имеется в виду, что если вы проводите большую часть времени глубже, то значение необходимо скорректировать в сторону большей глубины, а если большую часть времени вы проводите мельче, то значение необходимо скорректировать в сторону меньшей глубины.

Пример: погружение на траймиксе 21/35 и 50 % найтроксе для декомпрессии. Профиль погружения — 30 метров в течение 5 мин, 45 метров в течение 5 мин, 48 метров в течение 5 мин, 42 метра в течение 5 мин, 39 метров в течение 5 мин, потом 30 метров в течение 5 мин. Всего 30 минут. Мы делаем следующее:

Самая глубокая часть 48 метров + самая мелкая часть 30 метров = сумма 78 метров, которую мы делим на 2, что дает 42 метра. Примерно половину погружения мы проводим на меньшей глубине и примерно половину погружения мы проводим на этой глубине или глубже. Таким образом, мы можем использовать это среднее число без дополнительных поправок на глубину. Используя среднюю глубину погружения равную 42 метра, мы получаем время декомпрессии на Найтроксе 50 в 25 минут для 30 минутного времени на дне.

Консервативный подход к изменению среднего значения в зависимости от глубины будет заключаться в том, чтобы найти среднее значение для каждой пары пятиминутных интервалов, начиная с самых мелких. Если говорить более детально, то найдите среднее значение для каждого пятиминутного интервала. Потом, сложите глубины двух самых мелких участков, и разделите результат на два. Возьмите полученное среднее число и сложите его со следующим по глубине участком, и разделите результат на два. Сложите полученный результат со следующим по глубине участком и разделите его на два. И так далее, пока вы не охватите все интервалы вашего времени на дне.

Пример: погружение на траймиксе 21/35 и 50 % найтроксе для декомпрессии. Профиль — 30 метров в течение 5 минут, 45 метров в течение 5 минут, 48 метров в течение 5 минут, 42 метра в течение 5 минут, 39 метров в течение 5 минут, 30 метров в течение 5 минут. Общее время 30 минут. Считаем следующим образом:

30 метров + 30 метров = 60 метров разделить на 2 = 30 метров

30 метров + 39 метров = 69 метров разделить на 2 = 35 метров

35 метров + 42 метров = 77 метров разделить на 2 = 39 метров

39 метров + 45 метров = 84 метров разделить на 2 = 42 метров

42 метров + 48 метров = 90 метров разделить на 2 = 45 метров

Применяя среднюю глубину погружения в 45 метров на 30 мин. Мы получаем 30 минут декомпрессии.

Такой подход дает вам наиболее консервативную декомпрессию, и получаемый результат не зависит от того, в каком порядке вы совершаете погружение — самая глубокая часть в начале, в конце, или в середине.

Декомпрессионный профиль, рассчитанный для данного погружения при помощи программы Deco Planner с установками Факторов Градиента 30/85, составляет 24 минуты.

Стратегии Декомпрессии

Глубокие Остановки — Стратегия 1

Глубокие остановки, впервые предложенные Брайаном Хиллзом, в настоящий момент признаны всеми основными обучающими организациями и пропагандируются DAN, как «дополнение» к стандартным остановкам безопасности, которое помогает сделать декомпрессию более «качественной», а также повысить безопасность и консерватизм. Основная идея заключается в том, чтобы делать остановки на большей глубине, чем обычно. Глубина первой остановки определяется исходя из максимальной глубины погружения. Это позволяет выводить инертный газ из наиболее быстрых разделов тканей на больших глубинах. Первую остановку можно определить исходя из значения «Max Stop Depth» в компьютерном планировщике Deco Planner. Значение Max Stop Depth — это глубина, на которой в самом первом разделе тканей начинается насыщение инертным газом. Также, глубокие остановки дают время для того, чтобы пузырьки инертного газа были перенесены кровеносной системой к легким. Время этих остановок должно быть достаточным, для того, чтобы они были эффективны, но не настолько большим, чтобы значительно увеличивать время или количество газа, необходимое для подъема. Другими словами, это время не должно превышать время для глубокого отрезка декомпрессии, рассчитанного при помощи коэффициентов, как это было описано выше. Время каждой глубокой остановки, которая совершается каждые 3 метра можно определить исходя из вашего времени на дне (после времени NDL) и глубины погружения в процентах, от глубины на дне. Давайте посмотрим на таблицу ниже. Поскольку глубокие остановки совершаются на донном газе, то кислородного окна не возникает, и поскольку мы делаем их достаточно глубоко, закон Бойля подсказывает, что рост газовых пузырьков между каждой 3-х метровой остановкой будет небольшим. График времени декомпрессии на участке глубоких остановок, в целом будет иметь линейный характер и будет только удваиваться в тех интервалах, которые указаны в таблице. Если эти остановки совершаются с использованием эффекта «кислородного окна» (т.е. на декомпрессионной смеси), то тогда можно делать остановки, используя формулу S-Графика (см. раздел о кислородном окне ниже). Мы продолжаем делать глубокие остановки до тех пор, пока мы не подойдем к точке Смены Газов или к Кривой Бульманна (модель, построенная исходя из учета только растворенного газа), или не выйдем на поверхность.

Таблица Глубоких Остановок (линейная форма)

Глубина начала ГО	Мин. (NDL)	30 мин. больше NDL	60 мин. больше NDL	90 мин. больше NDL	120 мин. больше NDL	150 мин. (Макс.)
75 % Глубины (80 % АТА)	N/A	1	2	3	4	5
50 % Глубины (65 % АТА)	1	3	5	7	9	10

В качестве комментария: Эта таблица построена на теории глубоких остановок WKPP. В соответствии с этой теорией существует значение минимального времени погружения (NDL) для которого применяются правила минимальной декомпрессии и существует Максимальное время на дне, которое составляет 150 мин. или больше, когда начинают применяться правила максимальной декомпрессии. То время на дне, которое указано в таблице, — это время сверх N.D.L., и в таблице указано время для каждой из глубоких остановок (которые совершаются каждые 3 метра). Таблица не дает информации для расчетов общего времени, которое вы должны будете провести на декомпрессии в целом.

Линейная форма

Для того чтобы получить линейную форму графика вашего подъема на соответствующем отрезке декомпрессии — возьмите общее время для этого отрезка и разделите его на количество остановок. При этом необходимо помнить, что линейная форма графика декомпрессии, как правило, характерна только для глубоких остановок на донной смеси.

Пример:

15 минут на отрезке в 5 остановок = 15/5, что дает 3 минуты на каждую остановку.

«Кислородные окна» — Стратегия 2

Мы включаем в набор новый Декомпрессионный газ (декомпрессионный баллон), когда нам нужно открыть «кислородное окно» на какой-то глубине, и для нас желательно (необходимо) сократить количество дополнительного донного газа, который был бы необходим для того, чтобы покрыть подъем и декомпрессию, даже в случае непредвиденных ситуаций (rock bottom²). «Кислородное Окно» помогает нам ускорить декомпрессию и таким образом, сокращает декомпрессионное время, которое нам нужно провести в воде. Открывая «Кислородное Окно», вы можете достигать эффекта декомпрессии на большей глубине, и с большей скоростью. Поэтому, у вас нет необходимости увеличивать градиент только за счет подъема ближе к поверхности. В этом случае вы сталкиваетесь с риском разрастания газовых пузырьков, и в том случае, если на мелких глубинах декомпрессию пройти не представляется возможным, то и с риском пропустить всю декомпрессию целиком. Выбор декомпрессионных газов, которые вы будете нести с собой, основывается на стандартных декомпрессионных газах для соответствующих отрезков декомпрессии, а также исходя из того, есть или нет необходимость в дополнительном баллоне с декомпрессионным газом, чтобы уменьшить количество донного газа, необходимого для подъема с учетом минимально необходимого резерва (rock bottom). Если количество донного газа, с учетом минимально необходимого резерва, необходимое для подъема слишком велико, то вы принимаете решение взять с собой еще один баллон с более глубоким декомпрессионным газом, для того, чтобы снизить минимально необходимый резерв (rock bottom) до приемлемого и безопасного уровня.

² минимально необходимый резерв газа

Форму декомпрессионного графика для отрезка декомпрессии на соответствующем газе мы выстраиваем так, чтобы сделать акцент на остановках с самым высоким $РРО^2$, позволяя тем самым «Кислородному окну» поработать максимально эффективно. Следующие по глубине остановки (промежуточная часть отрезка) мы можем несколько сократить, поскольку $РРО^2$ там будет не настолько высоким, и эти остановки будут не настолько эффективны. В самой мелкой части соответствующего отрезка декомпрессии, мы опять начинаем увеличивать время остановок, поскольку в этот момент градиент увеличивается (за счет снижения давления окружающей среды). Помимо этого, на последней остановке в соответствующем отрезке декомпрессии мы делаем «паузу» на донной смеси, давая легким возможность восстановиться после высокого $РРО^2$, прежде чем $РРО^2$ опять подскочит на следующем отрезке. Такую форму декомпрессионного графика мы называем S–график, и мы используем его для каждого Декомпрессионного газа, кроме кислорода.

S–графики

Возьмите общее время декомпрессии для заданного отрезка, и разделите его на количество остановок. Вы получите график линейной формы. Оставьте полученное время для самой мелкой в данном отрезке остановке. Возьмите две следующие по глубине остановки и разделите их время на два (округлив). Возьмите время, на которое вы сократили эти остановки и распределите его между оставшимися двумя (наиболее глубокими на данном отрезке) остановками.

Пример S–графика:

15 минут на отрезке в 5 остановок = $15/5$, что дает 3 минуты на каждую остановку (линейная форма графика)

Наиболее мелкая остановка = 3 мин.

Следующая по глубине остановка = $3/2 = 2$ мин.

Следующая по глубине остановка = $3/2 = 2$ мин.

Предпоследняя по глубине остановка = $3 + 1$ мин. от «промежуточных» остановок = 4 мин.

Самая глубокая остановка = $3 + 1$ мин. от «промежуточных» остановок = 4 мин.

Таким образом, если мы возьмем газ покрывающий глубину с 21 до 9 метров и общим временем для него 15 минут, у нас получится:

Линейный график — $15/5 = 3$ мин. на остановку

9 метров = 3 мин.

12 метров = 3 мин.

15 метров = 3 мин.

18 метров = 3 мин.

21 метр = 3 мин.

Применяя S–график

9 метров = 3 мин.

12 метров = 2 мин.

15 метров = 2 мин.

18 метров = 4 мин.

21 метр = 4 мин.

Комментарий: старайтесь, чтобы соотношение времени между соседними остановками не превышало 4:1. Например, если одна остановка будет 5 мин, то следующая должна быть минимум 2 мин. В том случае, если следующая остановка была бы 1 мин., соотношение времени было бы уже 5:1, что слишком много.

Газ в растворенной форме — Увеличение градиента — Стратегия 3

Когда мы поднимаемся к поверхности, то мы используем понижение давления окружающей среды, для того, чтобы создать градиент между давлением окружающей среды и давлением газа в наших тканях. Чем больше разница в давлении, тем больше градиент, и тем больше газа выходит в процессе насыщения. Проблема заключается в том, что если мы будем увеличивать разницу в давлении слишком быстро, то в тканях могут сформироваться пузырьки инертного газа, которые по мере их расширения во время декомпрессии, будут становиться проблемой. Поэтому мы «увеличиваем градиент» (поднимаемся ближе к поверхности), тогда, когда мы не используем «кислородное окно», и когда мы находимся неглубоко (если бы мы были глубоко, то формирование пузырьков могло бы привести к реальным проблемам). Другими словами, мы можем увеличивать градиент, в тех случаях, когда мы находимся на донной смеси, или «кислородное окно» отсутствует у нас по какой-то другой причине, и мы находимся на небольшой глубине. В этих случаях график нашей декомпрессии будет более напоминать экспоненту; время на каждой текущей остановке, должно быть больше чем на предыдущей. Это происходит потому, что мы принимаем в расчет увеличение градиента в некоторых тканях, и расширение пузырьков в соответствии с законом Бойля, которое на этих глубинах будет значительным. Обобщая вышесказанное, можно сказать, что, когда мы находимся на Донном газе, или в принципе имеем низкое PPO², мы насыщаемся за счет увеличения градиента, который возникает по причине разницы между давлением в тканях и давлением окружающей среды. При этом декомпрессия происходит по экспоненциальному графику.

Экспоненциальный график

Возьмите общее время декомпрессии для заданного отрезка, и разделите его на количество остановок. Вы получите график линейной формы. Оставьте полученное значение для средней остановки. Остановки, которые идут глубже, должны быть сначала наполовину короче средней, и потом еще на половину короче (время округляем). Время, которое мы отняли от наиболее глубоких остановок, должно быть приплюсовано к более мелким, таким образом, чтобы график имел экспоненциальную форму. Такая форма также похожа на то, как если бы мы распределили время остановок в последовательности Фибоначчи.

Последовательность Фибоначчи.

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21...

Возьмем пример:

15 минут на отрезке в 5 остановок на донной смеси с 15 до 3 метров = $15/5$, что дает 3 минуты на каждую остановку (линейная форма графика).

Средняя остановка = 3 минуты (оставляем полученное значение).

Следующая более глубокая остановка = $3/2 = 2$ мин. (округляем).

Самая глубокая остановка на данном отрезке = $2/1 = 1$ мин.

Следующая от средней более мелкая остановка = $3+3 = 6$ мин (прибавляем время, которое мы отняли от двух более глубоких остановок).

Самая мелкая остановка = 3 мин.

Таким образом, подъем с 15 метров до поверхности в течение 15 минут будет выглядеть следующим образом:

График линейной формы — $15/5 = 3$ мин. на каждую остановку:

3 метра = 3 мин.

6 метров = 3 мин.

9 метров = 3 мин.

12 метров = 3 мин.

15 метров = 3 мин.

График, измененный до Экспоненциальной формы:

3 метра = 3 мин.

6 метров = 6 мин.

9 метров = 3 мин.

12 метров = 2 мин.

15 метров = 1 мин.

Комментарий: Обратите внимание, как мы поменяли местами 6 и 3 метровые остановки. Мы стараемся проводить большую часть декомпрессии на 6 метровой отметке, где мы в какой-то степени защищены от поверхностных условий, и затем мы осуществляем медленный выход на поверхность. Остановка на 3 метрах на 3 минуты на самом деле представляет собой больше медленный выход на поверхность с 6 метров, чем жесткую остановку на 3 метрах.

Минимальная декомпрессия

Понятие NDL. происходит от идеи о том, что есть случаи, когда не требуется «обязательной» декомпрессии, и поэтому погружение находится в Бездекомпрессионных пределах (No Deco Limits = NDL), и дайвер может выйти на поверхность прямо с глубины, не совершая каких-либо декомпрессионных остановок. Эта идея имеет определенный смысл, если рассматривать ее в контексте теории растворенных газов. Если мы не достигаем пределов установленных графиком Бульманна (максимальные значения M-Величин) при выходе на поверхность, то дайвер «не обязан» делать декомпрессионную остановку на 3 метрах или глубже, и ему «разрешено» выйти на поверхность прямо с глубины. Модель такого плана не принимает во внимание тот факт, что у дайверов в кровеносной системе всегда возникает какое-то количество газовых пузырьков, и это необходимо учитывать, даже при коротком времени пребывания на дне (при котором модель Бульманна «разрешила» бы прямой безостановочный выход с глубины на поверхность). Дайверу необходимо совершать

определенные декомпрессионные остановки, принимая во внимание факт существования таких пузырьков и/или микропузырьков. Такие остановки называются Минимальной Декомпрессией и их необходимо совершать начиная с глубины, равной 50 % от максимальной глубины погружения. Дайвер производит обычное всплытие со скоростью 10 метров в минуту до отметки 50 % от максимальной глубины. Начиная с этой точки, скорость подъема замедляется до 3 метров в минуту. Существует хороший способ практиковать такое всплытие — вы находитесь на остановке в течение 30 секунд, а следующие 30 секунд вы поднимаетесь до следующей остановки. Подъем с такой замедленной скоростью (3 метра в минуту) совершается до того момента, как дайвер завершит остановку на 6 метрах. С 6 метров вы постепенно выходите на поверхность в течение 3 минут, для того, чтобы давление на участке, где оно меняется наиболее сильно, понижалось медленно и постепенно. Мы применяем этот принцип подъема как при погружениях, которые традиционно считаются находящимися в рамках NDL (см. таблицу NDL ниже), так и в случае прерванного погружения (донное время меньше 5 минут) на глубину больше 39 метров.

Пример: если мы погружаемся на 30 метров и время погружения меньше 20 мин., то:

Остановки на

15 метрах на 1 мин.

12 метрах на 1 мин.

9 метрах на 1 мин.

6 метрах на 1 мин.

3 мин — подъем до выхода на поверхность.

Комментарий: не забывайте, что время подъема с одной остановки до другой включено в эту 1 минуту.

Декомпрессия на кислороде

Кислород ваш друг и ваш враг. На 6 метрах мы используем чистый кислород, для того, чтобы открыть «Кислородное окно» и ускорить декомпрессию, причем в значительной степени это касается «медленных» тканей. На этой стадии погружения, вы уже должны пройти большую часть декомпрессии и остановка на кислороде делается, в первую очередь, для того, чтобы «очистить» медленные ткани. Экспозиции высокого $РРО^2$ должны быть достаточно короткими — это считается более безопасным и более эффективным способом, чем дыхание чистым кислородом на протяжении длительного времени. Кислород провоцирует такие последствия, как отравление в легочной форме, когда кровеносные сосуды в легких расширяются (сверх нормы), что приводит к увеличению давления жидкости и воспалению легких. Жидкость переходит из крови в легкие и аккумулируется в газовых мешочках, тем самым, сокращая площадь поверхности легких, которая участвует в газообмене. Жидкость взаимодействует с сурфактантом (поверхностно-активное вещество, покрывающее альвеолы), и таким образом, снижает эффективность газообмена между кровью и легкими. Воспаление физически увеличивает толщину легочной ткани, что также снижает уровень газообмена. Отравление кислородом вызывает сужение сосудов в конечностях, что существенно снижает уровень насыщения окружающих тканей. Необходимо помнить, что мы дышим кислородом, именно для того, чтобы произошло насыщение медленных тканей. Все эти негативные эффекты могут быть снижены за счет коротких экспозиций кислорода.

Как правило, мы стараемся разделить общее время остановки на кислороде на «циклы», таким образом, что мы дышим кислородом 12 минут, а потом делаем 6 минутную «паузу» без кислорода (во время этой «паузы» мы дышим донной смесью с минимальным $РРО^2$ и самым высоким содержанием гелия). И время, которое вы проводите на чистом кислороде, и время «паузы» на донной смеси, включается в общее время вашей остановки. «Паузы» на

донной смеси мы делаем для того, чтобы позволить легким восстановиться и ограничить сужение сосудов в конечностях. «Паузы» на донной смеси мы делаем только тогда, когда собираемся повторить «цикл» и опять перейти на кислород, и если время остановки достаточно большое. В другом случае, когда время на кислороде достаточно короткое — 15 или 20 минут, то дышать 12 минут кислородом и 6 минут донной смесью нет смысла. Мы просто дышим кислородом 15 или 20 минут, включая время подъема, когда $РРО^2$ будет падать в любом случае. Подъем с 6 метров на поверхность — это критическая стадия подъема и его необходимо делать исключительно медленно. Время подъема с 6 метров должно быть, как минимум, 20 % от общего времени остановки на кислороде. Эту часть подъема можно делать на кислороде, поскольку изменения в глубине будут снижать $РРО^2$, и вы не собираетесь делать еще один «цикл» и возвращаться к последующей кислородной экспозиции.

Пример: остановка на кислороде в течение 15 минут.

Мы делаем 12 минут на глубине 6 метров и подъем на поверхность в течение 3 минут. Делать «паузы» на донной смеси нет необходимости, поскольку во время подъема $РРО^2$ будет понижаться, и мы не собираемся повторять весь цикл еще раз.

Пример: остановка на кислороде в течение 30 минут.

Мы делаем 12 минут на кислороде, 6 минут без кислорода, 12 минут на кислороде, 6 из которых будет составлять подъем на поверхность.

Выбор Декомпрессионных газов и баллонов для них

Выбор, декомпрессионных газов, из которых вы будете составлять свой набор, основывается на нижеследующих критериях. Первый критерий: каждый газ, это стандартный декомпрессионный газ, для одного из отрезков декомпрессии, перечисленных выше. Такой декомпрессионный газ обеспечивает Кислородное окно для ускорения декомпрессии, тем самым сокращая время декомпрессионное время в воде и риск, связанный с нахождением в водной среде. Другое важное соображение заключается в количестве донного газа с учетом резерва, который вам необходим: для того чтобы совершить погружение, плюс, для того чтобы совершить подъем, плюс для того, чтобы пройти декомпрессию. Такого донного газа должно быть достаточно для того, чтобы два дайвера могли дышать из одного источника газа, на протяжении выхода, подъема и декомпрессии. Таким образом, декомпрессионный газ выбирается не только исходя из соображений ускорения декомпрессии, но и исходя из идеи обеспечения дополнительного источника газа на определенной глубине, таким образом, чтобы у дайверов не было необходимости нести с собой неразумно большой объем донного газа. Очень быстро объем необходимого в таких случаях донного газа будет превышать объем даже самых больших баллонов, и на глубине вам в любом случае потребуется альтернативный источник газовой смеси. Вам в любом случае потребуется дополнительный баллон, и лучше, чтобы в этом баллоне был декомпрессионный газ, а не донная смесь, поскольку в этом случае, вы получите преимущество в виде ускоренной декомпрессии.

Размер декомпрессионного баллона должен быть как можно меньше при условии, что он содержит достаточное количество декомпрессионного газа. Время декомпрессии необходимо ограничивать разумными временными пределами. Необходимо помнить, что если вы потеряли декомпрессионный газ, то вам будет необходимо удвоить декомпрессионное время и проходить декомпрессию на донной смеси. С учетом такой ситуации, вместо того, чтобы использовать один большой и громоздкий баллон, который бы обеспечивал более длительное декомпрессионное время, и покрывал бы два из выше описанных сегментов декомпрессии (например, 21 — 9 метров и 6 — 0 метров), можно подумать о том, чтобы взять два баллона меньшего размера, в которых будут разные смеси, каждая из которых будет покрывать один сегмент, и таким образом мы бы имели элемент дублирования, и то количество донной смеси, которая бы покрывала потерю одного из двух декомпрессионных газов.

До 30 метров — в том случае, если мы проводим на дне время, которое требует декомпрессии общей продолжительностью более 20 минут (на донной смеси), то, как правило, мы добавляем в набор газов кислород, для того, чтобы ускорить декомпрессию на 6 метрах и сократить объем донной смеси, которая бы нам потребовалась для того, чтобы провести 20⁺ минут декомпрессии дыша вдвоем из одного источника газа. Это значит, что такого количества донной смеси должно хватить одному человеку на 40⁺ минут декомпрессии, и такое количество может выйти за границы требований к резерву в отношении донного газа.

30 — 51 метр — в случае, когда относительно короткое время на дне, дает нам 30 или меньше минут декомпрессии на Найтрокс 50, мы используем только небольшой баллон с 50 % найтроксом. Небольшой хорошо сбалансированный алюминиевый баллон объемом 40 куб. футов³ может быть идеальным баллоном. Он имеет небольшие размеры, его легко нести с собой, и он обеспечивает достаточное количество газа для запланированной декомпрессии до 30 мин. с 21 до 0 метров. Включая в набор баллон с таким газом, дайверу необходимо иметь резервный запас донного газа, который будет необходим двум дайверам, дышащим из одного источника газа, для того, чтобы подняться с максимальной глубины, до 21 метра, а не скажем весь путь до поверхности, например до «кислородной» остановки. Если время на дне диктует декомпрессию, превышающую 30 минут, то мы, скорее добавим баллон с кислородом, чем возьмем баллон с Найтроксом 50 большего объема, для того, чтобы покрыть увеличившееся время декомпрессии. Такой баллон с кислородом даст нам дополнительный объем газа, для того, чтобы пройти более длительную декомпрессию, и также будет служить резервным газом, если мы потеряем баллон с Найтроксом 50. В том случае, если дайвер теряет баллон с одним из декомпрессионных газов, то ему просто необходимо удвоить время декомпрессии на том отрезке, для которого предназначался соответствующий баллон. Им потребуется проходить декомпрессию на этом отрезке на донной смеси, и они должны иметь резерв достаточный для этого. Минимальный резерв газа (rock bottom), как правило, покрывает потерю как минимум одного из баллонов с декомпрессионным газом, но если у нас был только один большой баллон, этого может оказаться и недостаточно, и нам потребуется дополнительный резерв донного газа. После этого, мы переходим к подъему на другом баллоне. Это значит, что если дайвер теряет баллон с 50 % найтроксом, то остановки на отрезке с 21 до 9 метров необходимо увеличить вдвое, и пройти их на донном газе, и у дайвера еще будет оставаться баллон с кислородом, на который он может перейти. Если будет потерян только баллон с кислородом, то дайвер может продолжать декомпрессию на 50 % найтроксе, и перейти на донную смесь, когда это будет необходимо. С другой стороны, если у дайвера есть только один большой баллон с Найтроксом 50, и он его теряет на погружении, которое требует, скажем, 40 минут декомпрессии, это значит, что ему потребуется сделать 80 минутную декомпрессию на донном газе. Это слишком большое время, чтобы покрывать его разумным резервом донной смеси.

54 — 72 метра. Если мы совершаем погружение с относительно коротким временем на дне, которое требует декомпрессии на Найтроксе и кислороде в течение 50 минут или меньше, то мы будем использовать только два небольших баллона с Найтроксом 50 и кислородом. Небольшие, сбалансированные баллоны объемом 40 куб. футов — это идеальные баллоны. Они небольшие, их легко нести с собой и они обеспечивают запланированную декомпрессию до 30 мин на отрезке с 21 до 9 метров и до 50 мин. на 6 метрах. Если мы берем два баллона с этими газами, то нам понадобится резерв донной смеси, достаточный для того, чтобы два дайвера, поднялись с глубокой части погружения до 21 метра, а не на весь подъем, скажем, до момента переключения на кислород. Если время на дне диктует декомпрессию, превышающую 50 мин., то мы скорее добавим декомпрессионный газ для 36 метров, чем будем брать большие баллоны с Найтроксом 50 / кислородом, чтобы покрыть более длительное время декомпрессии. Баллон

³ Примерно 5,5 литра

с газом, на который мы переключимся на 36 метрах увеличит эффективность глубоких остановок в промежутке 36 — 24 метра и обеспечит газ, необходимый для того, чтобы пройти более длительную декомпрессию. Нам не будет необходимости нести резерв донной смеси, достаточный чтобы дойти до переключения смеси на 21 метре, а нужно будет иметь резерв, только для того, чтобы дойти до переключения на 36 метрах. Помните, что общая форма графика декомпрессии такова, что если нам необходимо провести 30 минут на Найтроксе 50, это означает, что время подъема со 36 до 24 метров должно быть как минимум 15 минут, и если мы проходим этот участок на донной смеси, то ее должно быть достаточно для двух дайверов, которые бы дышали из одного источника газа.⁴ Другими словами нам нужно такое количество газа, которого бы хватило на 30 минут (по 15 минут на каждого дайвера), только для того, чтобы пройти участок с 36 до 24 метров. Это слишком большое количество газа для того, что бы оставлять его в резерве, поэтому, на этой стадии нам абсолютно необходимо добавлять баллон со смесью, на которую мы можем переключиться на 36 метрах.

Если дайвер потеряет один из баллонов, то ему будет необходимо удвоить время декомпрессии на соответствующем участке. Такую «удвоенную» декомпрессию мы делаем на донной смеси и мы должны иметь резерв, достаточный для этого. Опять же, минимального обязательного резерва (rock bottom), как правило, должно быть достаточно в случае потери как минимум одного декомпрессионного баллона. После этого мы подходим к точке переключения на другой баллон. Таким образом, если мы теряем баллон, на который бы мы переключились на 36 метрах, то участок 36 — 24 метра мы будем проходить на донной смеси, и у нас еще останутся баллоны с НатроКСом 50 и кислородом, чтобы перейти на них позже. Если бы мы взяли с собой только более вместительные баллоны с НайтроКСом 50 и кислородом, и увеличили бы время декомпрессии в этой части, а потом потеряли бы один из баллонов, то у нас оказалось бы недостаточно донной смеси для того, чтобы пройти декомпрессию.

72 — 90 метров — для относительно короткого времени на дне, время декомпрессии для которого будет менее 70 минут на трех смесях (переключения на 36, 21 и 6 метрах), мы будем использовать только три небольших баллона со смесями 35/25, НайтроКС 50 и кислород. Если время декомпрессии будет превышать этот предел, то мы добавим баллон со смесью для 57 метров (21/35) по причинам, которые мы уже обсудили выше.

⁴ Это правильное расписание глубоких остановок, которое дает правильный профиль декомпрессии. Если происходит чрезвычайная ситуация (например, мы вынуждены дышать из одного источника газа), то в этом случае мы можем несколько ускорить прохождение глубоких остановок, для того, чтобы дойти до точки переключения на 21 метре.