

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ЗООЛОГИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Том LVII

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

5

МОСКВА · 1978

**ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА КОЖЕЙ ДЕЛЬФИНОВ
И ПРОБЛЕМА КОЖНОГО ДЫХАНИЯ У КИТООБРАЗНЫХ***В. Г. ДАРГОЛЬЦ, Е. В. РОМАНЕНКО и В. Е. СОКОЛОВ**Институт эволюционной морфологии и экологии животных
Академии наук СССР (Москва)*

Проведена экспериментальная проверка гипотезы о большом значении кожного дыхания в общих затратах энергии, высказанной Тиняковым с соавторами (1973). У живых афалин оценивалось потребление кислорода двумя участками кожи (спины и спинного плавника) по изменению концентрации растворенного кислорода в приклеенных на поверхность тела и заполненных морской водой камерах при различных температурах среды. Показано, что потребление кислорода кожей при пересчете на всю поверхность дельфина при температурах порядка 18° не превышает 0,4% от общего потребления кислорода, а при температурах порядка 14° — 0,1%, т. е. интенсивность потребления кислорода находится на уровне тканевого дыхания плохо снабжаемых кровью поверхностных слоев кожи, находящихся в пойкилотермных условиях. Сделан вывод о несостоятельности гипотезы «кожного дыхания» у китообразных.

Вопрос о возможной роли кожного дыхания в общих затратах энергии в организме китообразных возник после опубликования в «Зоологическом журнале» статьи Тинякова и др. (1973). В ней авторы на основании изучения морфологического строения фиксированных 10%-ным формалином проб кожи спинной области трех видов китообразных — кашалота, сейвала и морской свиньи — приходят к следующим выводам: во-первых, о большом значении «энергичного кожного дыхания» в общих затратах энергии у этих животных и, во-вторых, о благоприятном влиянии обильных жировых выделений кожи, придающих ей гидрофобные свойства, с этим авторы связывают улучшение гидродинамических характеристик плавания китообразных, что совершенно не соответствует действительности (критику см. Кокшайский, 1974).

В свете существующих, однако экспериментально достаточно не подтвержденных представлений о способностях дельфинов развивать высокие скорости плавания без соответствующего этим скоростям увеличения мощности — речь идет о так называемом «парадоксе Грея» — кажется весьма заманчивым обнаружить какой-либо дополнительный механизм, обеспечивающий быстрое высвобождение значительного количества энергии. Наличие такого механизма (а его функционированию существенно способствовало бы «энергичное кожное дыхание»), наряду с приспособлениями кожных покровов дельфинов к уменьшению гидродинамического сопротивления, дало бы в руки исследователей ключ к теоретическому обоснованию этого «парадокса». К тому же наличие у китообразных в плавниках сосудистых сетей, выполняющих по существу терморегуляторные функции (Томилини, 1951) и действующих по принципу противоточных теплообменников (Schmidt-Nilsen, 1972), не дает права теоретически отвергнуть возможность хотя бы ограниченного транспорта кислорода через эти поверхности. Однако известно, что собственно капиллярная сеть в коже туловища китообразных развита край-

не слабо (Томилин, 1951), а диаметр сосудов в теплообменной сети плавников порядка 1 мм и больше, и поэтому отнести эту сеть к капиллярной не представляется возможным. В достаточно эффективном же обмене кислорода может участвовать лишь хорошо развитая капиллярная сеть (Schmidt-Nielsen, 1972).

Вообще говоря, потребление кожей какого-то количества растворенного в воде кислорода возможно, особенно учитывая то, что клетки эпидермиса у китообразных остаются живыми и почти не ороговевают. Интенсивность такого потребления кислорода должна быть невелика — на уровне тканевого дыхания плохо снабжаемых кровью поверхностных слоев кожи, однако оценить его значение в общем балансе энергии животных можно только, экспериментально определив интенсивность потребления кислорода кожей на живых животных, что и является предметом настоящего сообщения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводили осенью 1975 г. в дельфинарии нашего института в Большом Утрише Анапского р-на Краснодарского края. Объектом исследования служили черноморские афалины *Tursiops truncatus*. Зверей содержали в выгороженных в бухте вольерах. Дельфины не боялись людей и охотно брали корм из рук.

Потребление кислорода кожей определяли по изменению концентрации растворенного в воде кислорода по методу Винклера (Поляков, 1950; Минх, 1971) в приклеенной на кожу дельфина камере. Для проведения эксперимента дельфина отлавливали из вольера и переносили в бассейн понижали до 20—25 см, чтобы осушить дельфина и наклеить камеру. В разных сериях экспериментов камеру фиксировали либо на туловище перед спинным плавником, либо непосредственно на спинном плавнике (см. рисунок). В теплую солнечную погоду спинной плавник зверя во избежание перегрева накрывали марлевой салфеткой, которую периодически смачивали водой. Поверхность кожи, предназначенную для приклеивания камеры, тщательно отскребали от отслаивающегося верхнего слоя эпидермиса до светло-серого цвета и обезжиривали спиртом. В этот момент этот участок кожи приобретал гидрофобные свойства, вода при попадании на кожу скатывалась каплями. Однако процесс отслаивания клеток эпидермиса у дельфинов, по-видимому, достаточно активен, так как кожа темнела очень быстро и клетки начинали отделяться вновь. Это было очень хорошо заметно, если камера с первой попытки приклеивалась негерметично и ее приходилось переклеивать — процесс отскребания эпидермиса и обезжиривания кожи спиртом приходилось повторять.

На приклеиваемую к коже поверхность камеры по ее периметру наносили слой циакрина, прижимали камеру к намеченному участку кожи и в течение 10—15 мин давали клею подсохнуть. Затем заливали в камеру воду, проверяли герметичность фиксации и начинали эксперимент. Уровень воды в бассейне при этом повышали до 35—40 см, так что дельфин был покрыт водой почти на три четверти или больше. В таком положении дыхание зверя не было затруднено, он мог даже самостоятельно передвигаться по дну бассейна.

Камера емкостью около 680 мл представляла собой резиновый цилиндр с металлическим дном. В дно камеры у самого края окружности друг против друга были впаяны два отвода, на которые были надеты резиновые трубки. Через них в камеру во время проведения эксперимента заливали и из камеры сливали воду, содержание растворенного кислорода в которой определяли в ходе эксперимента. В середину дна камеры был вмонтирован термометр для регистрации температуры воды.



Фиксация камеры для исследования потребления кислорода кожей у дельфинов

a — на спине перед плавником, *б* — на спинном плавнике

С другой стороны цилиндра по периметру камеры был приклеен резиновый круг, достаточно эластичный, чтобы при фиксации камеры на коже зверя шакрином плотно приклеиваться к дельфину, повторяя кривизну поверхности его тела.

Процедура определения потребления кислорода кожей состояла в следующем. Обычно за сутки до проведения экспериментов в резервуар емкостью около $0,5 \text{ м}^3$ заливалась чистая морская вода, которая в дальнейшем использовалась для заполнения камеры во время эксперимента и содержание растворенного кислорода в которой одновременно служило контролем. Обе отводные трубки фиксированной на коже камеры освобождали от зажимов, к нижней трубке присоединяли резиновый шланг с воронкой и несколько раз промывали камеру водой из резервуа-

ра, зачерпывая ее химическим стаканом. Заполнив камеру и убедившись в отсутствии пузырьков воздуха в ней, на трубки надевали зажимы. В это же время из резервуара в пикнометр отбирали контрольную пробу воды, содержание кислорода в этой пробе было показателем исходной концентрации кислорода в камере. Через определенные интервалы из камеры в пикнометр отбирали пробу воды следующим образом: на одну из отводных трубок надевали резиновый шланг со стеклянным наконечником, отсоединяли зажим на этой трубке и, нажимая на камеру рукой, выдавливали в пикнометр воду из камеры. Таким образом получали опытную пробу, в которой так же, как и в контрольной, методом Винклера определяли концентрацию растворенного кислорода. По разности содержания кислорода в контрольной и опытной пробах вычисляли потребление кислорода участком кожи под приклеенной камерой, площадь которого составляла 71 см^2 .

Для проведения следующего эксперимента камеру тщательно, не менее чем тремя-четырьмя объемами воды из контрольного резервуара, промывали и, заполнив вновь, проводили следующий эксперимент. Одновременно при этом снова брали контрольную пробу воды из резервуара. Длительность экспериментов варьировала от 15 мин до 1 ч. Наиболее обычной была длительность 15—20 мин. Такая длительность позволяла за 2 ч, в течение которых зверь обычно находился на мелководье в полусушенном состоянии, провести серию из пяти-шести экспериментов.

Для того, чтобы оценить величину кожного потребления кислорода как часть от общего потребления кислорода при дыхании, необходимо иметь данные о площади поверхности тела, весе и метаболизме (потреблении кислорода) в покое у взятых в эксперимент зверей. В полевых условиях мы могли лишь измерить длину и наибольшую высоту тела у подопытных дельфинов. Эти данные использовались для последующего расчета площади поверхности тела и веса животных. Площадь поверхности тела рассчитывалась по теоретическим обоснованиям о взаимосвязи веса с объемом, длиной и площадью поверхности тела морских животных, приведенных в работе Лэнга (Lang, 1963). Для расчета этих величин автор принимает ряд допущений,

Интенсивность потребления кислорода различными участками кожи у афалин *Tursiops truncatus* при разных температурах среды

Клещка зверя и место фиксации камеры	Длина тела, м	Площадь поверхности, м ²	Вес, кг**	Обмен зверя в покое при 21—23°, мл O ₂ /ч***	Кол-во экспериментов, п.	Температура в камере, °С	Потребление кислорода кожей			Доля от потребления кислорода в покое, %
							мл O ₂ /ч на камеру M ± m	мл O ₂ /ч на м ² M ± m	мл O ₂ /л на зверя M ± m	
Ишка (камера на спине) Дялка (камера на спине) То же	2,45	2,10	165	42 960	6	18,5	0,523 ± 0,038	73,7 ± 5,4	154,7 ± 11,4	0,36
	1,90	1,25	80	21 070	11	17,8	0,440 ± 0,059	62,0 ± 8,3	77,5 ± 10,4	0,37
	1,90	1,25	80	21 070	5	14,5	0,122 ± 0,014	17,2 ± 1,9	21,5 ± 2,5	0,10
Умница (камера на спинном плавнике)	2,45	1,60	150	39 060	12	13,8	-0,072 ± 0,012	-10,2 ± 1,7	-16,3 ± 2,7	-0,04

* Рассчитана по Lang (1963).

** Рассчитан по Зенковичу (1959).

*** Рассчитан по Карандеевой и др. (1970, 1971) и Колчинской и др. (1971).

сущность которых сводится к следующему. Форма тела морских животных принималась за эллипсоид с отношением осей 6 : 1. За счет удлиненной хвостовой части длина тела считалась на 20% больше расчетной для эллипсоида, а также на 20% увеличивалась площадь поверхности, чтобы учесть площадь плавников и хвоста. По данным Лэнга, в логарифмической шкале были построены кривые и путем графической экстраполяции получены величины площади поверхности в зависимости от длины тела для животных, участвовавших в экспериментах, которые и приведены в таблице.

При расчете же веса тела наших животных путем экстраполяции кривых Лэнга мы столкнулись с некоторым несоответствием величин, получаемых этим способом, и средним весом тела для черноморских афалин. По литературным данным, средняя длина тела черноморских афалин составляет 2,25 м, средний вес зверей около 150—160 кг (Клейненберг, 1956; Томилин, 1957). При расчете веса афалин экстраполяцией данных Лэнга мы получаем несколько заниженные данные. Поэтому для более точного расчета веса участвовавших в эксперименте зверей мы применили формулу

$$W = \frac{LD^2}{4},$$

где W — вес зверя, L — длина тела в метрах и D — наибольшая высота тела в метрах (Зенкович, 1952). Эта формула учитывает конкретную полноту зверей, в то время как Лэнг в своих расчетах веса исходил только из линейных размеров эллипсоида со стандартным сечением, что при расчете площади поверхности тела не вносит значительной ошибки.

Наибольшая высота тела, измеренная перед грудным плавником, у дельфинов по кличке Ишка и Умница была одинакова и составляла около 0,45 м, у Ляльки — 0,35 м. Рассчитанный при помощи формулы, приводимой Зенковичем, вес практически соответствует визуальным оценкам и несколько выше величин, полученных по Лэнгу. В таблице представлены величины веса, вычисленные по формуле Зенковича.

Для оценки уровня метаболизма (потребления кислорода) в покое мы использовали приведенные в работах Карандеевой, Протасова, Семёнова (1970), Карандеевой, Матишева, Шапунова (1971) и Колчинской и др. (1971) данные о величине потребления кислорода на килограммы веса зверя для афалин, полученные авторами прямыми измерениями в покое у дельфинов при температурах 21—23° и составляющие от 3,8 до 4,4 мл O_2 в 1 мин на кг веса зверя.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты наших экспериментов по исследованию потребления кислорода кожей представлены в таблице. В первой из колонок, объединенных общей рубрикой «Потребление кислорода кожей», приведены данные о потреблении кислорода 71 см² кожи, т. е. площадью, ограниченной внутренней окружностью фиксированной на коже камеры, в пересчете на 1 ч. Эта величина рассчитывалась следующим образом. Изменение концентрации кислорода в камере за время эксперимента имело размерность мл O_2 на 1 л воды. Так как объем нашей камеры составлял 0,68 л, то умножением на эту последнюю величину получали действительное уменьшение содержания кислорода в камере за время эксперимента. Этот показатель, пересчитанный на 1 ч, и давал величину потребления кислорода участком кожи под камерой. Во второй и третьей колонках эти величины пересчитаны на 1 м² и на всю поверхность зверя, на котором проводился эксперимент.

В первых трех строках таблицы представлены данные о потреблении кислорода кожей у двух дельфинов — Ишки и Ляльки при температурах 18,5; 17,8 и 14,5° при фиксации камеры на спине перед плавником. С Ишкой было проведено две серии экспериментов, в обеих сериях средняя температура была около 18,5° (колебания от 17,5 до 19,5°). С Лялькой две серии были проведены при средней температуре около 17,8° (колебания от 17,5 до 18,2°) и одна серия при температуре 14,5° (колебания от 13,8 до 14,8°). Во всех сериях при фиксации камеры на спине концентрация кислорода по сравнению с контролем уменьшалась, что говорит о наличии кожного потребления кислорода, причем в интервале температур 17—18° интенсивность кожного потребления кислорода у обоих зверей была приблизительно одинаковой, составляя 0,36—0,37% от потребления кислорода зверем при помощи легочного дыхания. При понижении же окружающей температуры и температуры воды в камере до 14,5° интенсивность кожного потребления кислорода уменьшалась почти в 4 раза, составляя всего лишь 0,1% от легочного дыхания.

У дельфина Умницы камеру фиксировали на спинном плавнике. Это было сделано для того, чтобы выяснить, не играют ли заметной роли в осуществлении «кожного дыхания» те части тела, которые, как мы знаем, имеют существенное значение в терморегуляции как теплообменные поверхности. У водных млекопитающих это грудные, спинной и хвостовой плавники, которые пронизаны системой переплетающихся между собой довольно крупных венозных и артериальных сосудов, выполняющих роль противоточных теплообменников. Было проведено две серии экспериментов, объединенных в четвертой строке таблицы. К моменту проведения этих экспериментов похолодало, температура воздуха и воды в это время держалась на уровне 13,5—14,0°. Здесь мы столкнулись с парадоксальной ситуацией: концентрация растворенного в воде кислорода в течение эксперимента не только не уменьшалась, а, наоборот, возрастала на незначительную величину. Эти данные в таблице приведены со знаком минус, чтобы подчеркнуть обратный характер изменений. Объяснить это можно увеличением концентрации кислорода при заполнении камеры из контрольного резервуара. Зачерпывание воды химическим стаканом и наливание ее в камеру через воронку давало возможность какому-то количеству кислорода из воздуха дополнительно раствориться, чему способствовала низкая температура воды. Воду в контрольный пикнометр из резервуара мы набирали при помощи сифона, благодаря чему избегали дополнительного перемешивания и насыщения воды кислородом в контрольном пикнометре. Относительно низкая температура окружающей среды при проведении этих серий экспериментов способствовала более глубокому охлаждению тонкого спинного плавника, и, видимо, поэтому потребление кислорода кожей плавника практически отсутствовало. В результате на фоне дополнительного насыщения кислородом воды при заполнении камеры концентрация кислорода к концу эксперимента оказывалась выше контрольной.

По-видимому, такое увеличение концентрации кислорода при заполнении камеры имело место и в предыдущих сериях, и если внести эту поправку в 0,04% от легочного дыхания, то величины потребления кислорода кожей в экспериментах с камерой на спине соответственно станут: при температуре 18,5°—0,40% от легочного дыхания, при 17,8°—0,41% и при 14,5°—0,14%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наши исследования совершенно однозначно показывают, что ни о каком особом механизме «кожного дыхания» у дельфинов не может быть и речи, а потребление кислорода кожей осуществляется на уровне тканевого дыхания клеток, плохо снабжаемых кислородом из крови из-за слабой васкуляризации поверхностных слоев кожи. В пользу этого гово-

рит и понижение метаболизма эпидермальных слоев кожи при снижении окружающей температуры, особенно ярко выраженное на легко охлаждаемом плавнике, как это и должно происходить в пойкилотермных условиях, в которых постоянно находятся наружные слои кожи, изолированные от внутреннего тепла тела слоем подкожного жира.

При активном движении животных доля кожного потребления кислорода в общем обмене энергии должна быть еще меньше, так как активный метаболизм животных много выше метаболизма в покое, к величине которого отнесены наши данные о потреблении кислорода кожей.

Авторы упоминаемой в начале работы статьи делают свой главный вывод о существовании в коже китообразных «своеобразного, но весьма совершенного двухстороннего насоса... к поверхности кожи идет поток непредельных жиров, а в обратном направлении — воздушный кислородный поток» и считают, что кожное дыхание должно иметь огромное значение, особенно при передвижениях животных.

Главную роль в осуществлении транспорта кислорода из воды через эпидермис к глубже лежащим слоям кожи они придают «непредельному или ненасыщенному жиру», который соединяется с кислородом, растворенным в морской воде. Тут надо разобраться, о каком соединении идет речь — о химической реакции или о растворимости в физико-химическом смысле.

Если говорить о химическом присоединении, то известно, что при хранении под влиянием света и кислорода воздуха жиры «прогоркают» за счет окисления и гидролиза непредельных жирных кислот по месту двойных связей. При этом сначала образуются перекисные соединения, далее происходит разрыв углеродной цепи по месту бывшей двойной связи, в результате чего образуются альдегиды и короткоцепочечные кислоты типа масляной, обладающие неприятным запахом (Степаненко, 1972). Процесс этот, во-первых, достаточно медленный, во-вторых, необратимый, следовательно, в транспорте кислорода к глубже лежащим тканям принимать участия не может.

Если же говорить об истинной растворимости кислорода в органических жидкостях и в жирах, то она, по-видимому, действительно несколько выше, чем в воде, хотя нигде в доступной нам литературе мы не нашли конкретных значений этой растворимости для собственно жиров (Справочник по растворимости, 1961; Науменко, 1970). Непредельные жирные кислоты, с которыми авторы в первую очередь связывают активное поглощение кислорода из морской воды, в составе животных жиров обычно в 2—3 раза превышают количество насыщенных жирных кислот (Драгунов и Касимова, 1951; Верещагин, 1971). Однако растворимость кислорода в органических жидкостях, в том числе и в жирных кислотах, заметно уменьшается с увеличением ненасыщенности соединений (Науменко, 1970), что в общем никак не может способствовать активному транспорту кислорода ненасыщенными жирами.

Авторы пишут о мощном потоке жира к поверхности кожи, о «перманентной обильной смазке» поверхности тела «огромным количеством жирового вещества» с гидрофобными свойствами. Однако это должно быть невыгодно и с энергетической точки зрения, так как жир является основным и наиболее калорийным горючим в организме животного, и выделять его на поверхность кожи с тем, чтобы он смывался обтекающей тело водой, было бы неоправданно роскошью. Говоря о мощном потоке жира к поверхности кожи, авторы упускают из виду, что при движении жидкости вдоль тела во время плавания животных происходит постоянное отслаивание наружных слоев эпидермиса, и на поверхности все время оказываются богатые жиром клетки (Суркина и др., 1972). Поэтому наличие жира на поверхности кожи, тем более у фиксированных проб, не вызывает удивления и еще не дает основания говорить о мощном потоке жира. Кроме того, по данным только что упомянутых ав-

торов, на поверхности кожи живых дельфинов обнаружен не непосредственно жир, а лишь жирные кислоты и гликопротеиды. Ими же отмечено отсутствие гидрофобности кожи у только что вынутого из моря дельфина. Более того, как указывалось выше нами, обезжиривание кожи дельфина спиртом, которое мы проводили перед экспериментами по потреблению кислорода кожей, как раз и приводило к тому, что кожа зверя становилась гидрофобной.

Даже если растворимость кислорода в жирах действительно выше, чем в воде, в силу вязкости и плохой смешиваемости жиров для насыщения их кислородом, да еще из воды, где концентрация растворенного кислорода низка, необходимо значительное время. При наличии же, как пишут авторы обсуждаемой нами статьи, мощного потока жира к поверхности тела кислород практически не может поступать к нижележащим слоям эпидермиса.

Из вышеизложенного вытекает неправомочность исходной предпосылки авторов о большой роли жира в осуществлении транспорта кислорода к нижележащим тканям. Для того, чтобы обратимо транспортировать и запастись кислород в организме животных, эволюционно выработались очень сложные соединения типа гемоглобинов, гемоцианинов и миоглобинов, в которых акцепторами кислорода являются комплексы, содержащие железо и медь, а отнюдь не соединения типа углеводов. Проведенная нами экспериментальная проверка показала полную несостоятельность этой умозрительной гипотезы.

ЛИТЕРАТУРА

- Верещагин А. Г., 1971. Состав триглицеридов животных тканей. Усп. совр. биол., 71, 2: 184—207.
- Драгунов А. М. и Касимова Н. Е., 1951. Весовой и химический состав дельфинов Черного моря. Рыбн. х-во, 11: 58—60.
- Зенкович Б. А., 1952. Киты и китобойный промысел: 1—156, Пищепромиздат, М.
- Карандеева О. Г., Матишева С. К., Шапунов В. М., 1971. Особенности внешнего дыхания дельфинов. Сб. «Морфология и экология морских млекопитающих (дельфины)»: 136—146, Изд-во «Наука», М.
- Карандеева О. Г., Протасов В. А., Семенов Н. П., 1970. К вопросу о физиологическом обосновании парадокса Грея. Бионика, 4: 36—43, Киев.
- Клейнберг С. Е., 1956. Млекопитающие Черного и Азовского морей: 1—288, Изд-во АН СССР, М.
- Кокшайский Н. В., 1974. Очерк биологической аэро- и гидродинамики (полет и плавание животных): 1—256, Изд-во «Наука», М.
- Колчинская А. З., Карандеева О. Г., Мищенко В. С., Шапунов В. М., Матишева С. К., Степанов Ю. В., 1971. О дыхании афалин. Бионика, 5: 19—28, Киев.
- Минх А. А., 1971. Методы гигиенических исследований: 1—584, Изд-во «Медицина», М.
- Науменко Н. К., 1970. Исследование растворимости кислорода в органических жидкостях. Автореф. канд. дисс.: 1—19, Л.
- Поляков Г. Д., 1950. Пособие по гидрохимии для рыбоводов: 1—88, Пищепромиздат, М.
- Справочник по растворимости, 1961, 1: 1—960, Изд-во АН СССР, М.—Л.
- Степаненко Б. Н., 1972. Курс органической химии: 1—600, Изд-во «Высшая школа», М.
- Суркина Р. М., Ускова Е. Т., Момот Л. Н., 1972. О некоторых особенностях эпидермиса и составе поверхностных выделений кожи дельфинов. Бионика, 6: 52—57, Киев.
- Тиняков Г. Г., Чумаков В. П., Севастьянов Б. А., 1973. Некоторые особенности в микроструктуре кожи китообразных. Зоол. ж., 52, 3: 399—407.
- Томилини А. Г., 1951. О терморегуляции у китообразных. Природа, 6: 55—58.— 1957. Звери СССР и прилежащих стран. 9. Китообразные: 1—755, Изд-во АН СССР, М.
- Lang T. G., 1963. Porpoise, whales and fish. Comparison of predicted and observed speeds. Naval engineers J., 75, 2: 437—441.
- Schmidt-Nielsen K., 1972. How animals work: 1—114, Cambridge Univ. Press (русский перевод: Шмидт-Нильсен К., 1976. Как работает организм животного: 1—142, Изд-во «Мир», М.

**OXYGEN CONSUMPTION BY SKIN IN DOLPHINS AND PROBLEM
OF CUTANEOUS RESPIRATION IN CETACEANS**

V. G. DARGOLTZ, E. V. ROMANENKO and V. E. SOKOLOV

*Institute of Animal Evolutionary Morphology and Ecology, USSR Academy of Sciences
(Moscow)*

Summary

The recently proposed hypothesis on the great importance of cutaneous respiration for the total energy expense in cetaceans has been tested experimentally. The oxygen consumption was studied on two skin regions in live bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) at different water temperatures. It was shown that the oxygen consumption by the whole body surface of the dolphin at 18° did not exceed 0.4% of the total oxygen consumption and at 14° did not exceed 0.1%. A conclusion is drawn that the hypothesis of «cutaneous respiration» of cetaceans is groundless.
