

МЕТОДОЛОГИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ СПОРТИВНЫХ ГОРНЫХ ТУРИСТСКИХ МАРШРУТОВ



**ЛЕБЕДЕВ
Андрей Александрович**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), доцент кафедры физического воспитания, кандидат технических наук, мастер спорта России международного класса, e-mail: alebandr@gmail.com, тел. 8926-6264754.

LEBEDEV Andrey

Moscow Aviation Institute (national research university), Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Master of Sports, International Class. E-mail: alebandr@gmail.com. tel.: +7(926)626-47-54

Ключевые слова: планирование маршрута, высотная адаптация, регрессионный анализ, прогнозирование, стохастическая модель.

Аннотация. Статья посвящена методологии планирования спортивных горных туристских маршрутов, которая успешно применялась и применяется автором на практике. Изложенный в статье материал послужил основой лекции, которая ежегодно читается автором в горных клубах Москвы, таких как «Вестра», Горный клуб МГУ, Центральная секция туризма МАИ.

METHODOLOGY OF ROUTE PLANNING FOR TREKKING IN MOUNTAINS

Keywords: route planning, high-altitude adaptation, regression analysis, stochastic model.

Abstract. This article is about methods of route planning for trekking in mountains, which has been successfully checked and approved by its author. The material from this article was used to create a lecture. Author reads this lecture annually in Moscow mountain clubs such as «Vestra» and mountain clubs of MSU and MAI.

Будем считать, что личный состав команды определен, и район для похода выбран. На первом этапе планирования маршрута составляется список интересных объектов в районе похода, которые желательно посетить. В этот список обычно включают: ландшафтные достопримечательности, исторические и культурные достопримечательности, спортивные объекты, представляющие интерес для преодоления (перевалы, вершины, каньоны). Список дополняется точками возможного заезда в район и выезда из него.

Интересные объекты выбираются на основе изучения района по книгам, путеводителям, отчетам о пройденных походах, путем изучения карты и космических фотоснимков. В результате этой работы образуется, как правило,

избыточный список, все точки которого посетить невозможно.

На втором этапе нужно соединить объекты из списка траекторией будущего маршрута. Это делается с учетом ограничений на вес рюкзаков, на распределение по нитке маршрута сложности препятствий и их высоты.

1. Ограничение на вес рюкзаков и выбор топологического типа маршрута

Линейный маршрут в виде самонепересекающейся линии, вытянутой от точки заезда к точке отъезда, позволяет осмотреть обширное пространство, а, будучи пройденным, стать предметом гордости горопроходца. Однако продолжительные линейные маршруты требуют слишком большого ресурса продуктов питания и

топлива на старте и, как следствие, слишком тяжелых рюкзаков.

Предположим, что группа собралась в горный поход 5-й категории сложности. Этим определяется вес общественного и личного снаряжения. В таких походах он в сумме достигает 20 кг на одного участника. Будем считать, что каждый участник съедает в день 600 г продуктов питания, на приготовление его пищи требуется 100 г топлива, и всё это требует 30 г упаковочных материалов, которые сжигаются, как мусор. Зададимся максимально допустимым весом рюкзака в начале маршрута: 35 кг для мужчин и 24 кг для женщин. Тогда должно выполняться неравенство, в левой части которого стоит вес снаряжения группы на старте, а в правой – максимально допустимый вес: $(20 + 0,73 * T) * (M + W) \leq 35 * M + 24 * W$, где T – продолжительность линейного маршрута в днях, M – число мужчин и W – число женщин. После преобразований получим:

$$T \leq 20,5 - 15 * g, \quad (1)$$

где g – удельная доля женщин в команде. Отметим, что линейный маршрут может быть разделен забросками на 2–3 автономных линейных участка. Тогда формула (1) работает отдельно на каждом из этих автономных участков.

Если нагрузки линейного маршрута для группы недопустимы, можно воспользоваться маршрутом в форме ключика. Это маршрут с кольцом в начале похода и с линейным участком в его конце. Группа приезжает в горы, тут же оставляет заброску, проходит кольцо, возвращается к заброске и, наконец, выходит на линейную часть маршрута. Очевидно, что продолжительность похода при тех же весовых нагрузках при таком построении маршрута можно удвоить.

Если точку ветвления такого ключика желательно удалить от точки заезда, то возникает маршрут в форме ключика с черенком. Этот черенок проходит либо с вьючным транспортом, либо – челноком. Челнок – это такой способ передвижения, когда груз проталкивается по маршруту с помощью повторного прохождения участка пути. Например, утром группа проходит 6 км вверх по долине и заносит часть продуктов питания и топлива. К обеду группа возвращается в лагерь, а после обеда переносит лагерь на 6 км вверх к заброшенному снаряжению.

Движение челноком препятствует быстрому набору высоты и дает плавную акклиматизацию.

Кроме того, челнок не позволяет быстро отдалиться от точки заезда, и в случае заболевания участника в критические начальные дни похода, его удастся быстро сопроводить к началу маршрута.

2. Распределение сложности препятствий по нитке маршрута

Начинать поход надо с простых перевалов, желательно на категорию ниже самых сложных. Иначе говоря, для похода 6 к.с. это перевалы не более чем 2Б к.с., для похода 5 к.с. это перевалы не более чем 2А к.с. и т.д. Такое требование объясняется двумя причинами.

1. В период начальной акклиматизации необходимо бережно относиться к организму и ни в коем случае не перенапрягаться. Любые перенапряжения могут привести к срыву акклиматизации, к возникновению тяжелых форм горной болезни, и, как следствие, к потере сезона для заболевшего участника и к потере времени и деградации маршрута для остальных членов команды.

2. Перед прохождением сложных перевалов команда должна сработаться. При прохождении более простых перевалов желательно выявить недостатки в действиях команды, а потом попытаться их устранить, и только после этого проходить перевалы максимальной сложности.

Самые сложные перевалы желательно проходить с легкими рюкзаками перед забросками или в конце маршрута. В тоже время, из соображений безопасности, самые сложные перевалы не следует проходить в утомленном состоянии, поэтому их не рекомендуется ставить в конце протяженных и продолжительных маршрутов или каскадом один за другим.

3. Распределение высоты препятствий по нитке маршрута

В походе очень важно провести правильную акклиматизацию. Прохождение горного маршрута, включающего подъемы на перевалы и спуски в долины, естественным образом реализует наиболее эффективную, так называемую, ступенчатую акклиматизацию. Её суть в чередовании подъёмов с провокаций легкой горной болезни и спусков, которые очень желательны для эффективного синтеза необходимых для адаптации белков и ферментов [1].

Высотный график при ступенчатой акклиматизации, который отражает состояние туристской

группы в осях «время, высота», представляет собой пилу, каждый следующий зуб которой, выше предыдущего.

Зубья пилы соответствуют выходам в высокогорье, где происходит провокация горной болезни, столь необходимая для запуска механизмов высотной адаптации. Очень важно правильно дозировать степень этой провокации. Действительно, серьезная горная болезнь представляет опасность для участника похода, она способна сорвать график движения группы по маршруту или вообще изменить маршрут в сторону его упрощения. Кроме того, серьезная горная болезнь ослабляет организм участника и замедляет процессы синтеза необходимых для адаптации белков и ферментов.

Дозировка в походе обеспечивается с помощью простого инструментального контроля, а именно измерения утреннего пульса. Едва проснувшись, участники команды, не вылезая из спальников и не делая резких движений, измеряют частоту сердечных сокращений (ЧСС). Если утренний пульс превышает 105 ударов в минуту, то продолжение подъема для такого участника не рекомендуется. Необходимо разбить лагерь и в течение дня отдохнуть на этой высоте или даже немного спуститься.

Степень высотной адаптации участника команды количественно измеряется простым показателем – высотой, на которой ЧСС в спокойном состоянии (без нагрузки) не отличается от ЧСС до выезда в горы. В отличие от акклиматизационной пилы, график степени высотной адаптации, в идеале, является монотонно возрастающей функцией времени.

На основании многолетнего опыта руководства туристскими командами, совершавших прохождения перевалов и восхождения на вершины с высотами от 5000 до 7700 метров, автор статьи

сформулировал два правила, очень удобных для планирования маршрутов. Эти правила ограничивают степень провокации горной болезни на зубьях акклиматизационной пилы.

1. На неосвоенной высоте не следует набирать за день от ночёвки к ночёвке более 500 метров.

2. Высота ночёвок в очередном выходе на высоту не должна превышать их максимальную высоту в предыдущих выходах более чем на 1000 метров.

Первое правило ограничивает скорость набора высоты при подъеме на зуб акклиматизационной пилы, а второе правило ограничивает высоту очередного зуба по сравнению с предыдущими.

Конечно, правила 1 и 2 в известной степени условны и замена чисел 500 и 1000 на 600 и 1200 к большой беде не приведёт. Но их грубое нарушение чревато срывом акклиматизации у слабого звена в команде, с риском серьезного заболевания, с потерей ресурса времени и деградацией маршрута.

4. Верификация продолжительности участков маршрута

Обычно интересные точки района соединяются траекторией маршрута сначала «на глазок». Необходимый для прохождения маршрута ресурс времени определяется при этом приблизительно, экспертным путем. Когда траектория готова, необходимо уточнить оценку временных затрат. Для этого полезна следующая формула оценки чистого ходового времени (ЧХВ) на участке пути:

$$T = (10 * H + L) / V, \tag{2}$$

где T – ЧХВ, L – длина участка пути [км], H – положительная вариация высоты или сумма всех подъёмов на участке пути [км], V – скорость, равная 3 км/час.

Таблица 1 – результаты прогноза ЧХВ для шести походов

Год	Категория сложности похода	Район	Число дней 1 кат.	Прогноз ЧХВ по сумме дней [час]	Реальное ЧХВ по сумме дней [час]	Ошибка прогноза [час]
1990	6	Ц. Памир	16	89.97	88.14	-1.56
1997	5	С. Памир	19	97.43	100.30	2.87
1999	6	Ц. Памир	30	169.78	177.25	7.47
2000	6	Китайский Памир	19	91.98	84.92	-7.06
2001	6	С. Памир	29	136.53	143.00	6.47
2003	6	Китайский Памир	19	83.00	83.00	0.00

Таблица 2 – Планирование начала похода по Заалайскому хребту

День	Участок пути	Перепады высоты	H [м]	L [км]	L + 10*H [км]	T
1	Переезд Ош – с. Шве + переход: с. Шве – устье р. Саз-Джайлоо	2400-2850	450	6,5	11	3 ч. 40 мин.
2	П.т. - пер. Шве (3666, н.к.) - истоки р. Кечуу-Су	2850-3666-3100-3330	1046	14	24,46	8 ч.
...	Продолжение плана...
28-31	Запасные дни					
32	Переезд Ачикташ - Ош					

Отметим, что эта формула работает в дни, не обременённые технической работой на рельефе или движением на большой высоте (выше 6000 м). Такие дни будем называть днями первой категории. Они включают переходы по грунтовым дорогам, тропам, травянистым склонам, моренам, ледникам и ледопадам, которые проходятся в связках одновременно, а также преодоление снежно-ледовых перевалов до 2А к.т. включительно.

При оценке ЧХВ по формуле (2) необходимо следить, чтобы оно не превышало за день 7 часов. В противном случае вы рискуете переутомиться и не выполнить план в следующие дни. Лучше, если за день $10 * H + L = 15$ или 18 , то есть, $T = 5$ или 6 . Такое планирование обеспечит относительно ненапряженный и равномерный график движения по маршруту.

В таблице 1 приведены результаты прогноза ЧХВ для шести походов, в которых регулярно проводились записи длительности переходов.

Как видно из таблицы, накопленная за весь поход ошибка прогнозирования ЧХВ (по сумме всех дней первой категории) не выходит за рамки одного большого дня (~ 7 час). Среднее дневное ЧХВ колеблется в окрестности 5 часов.

Для проверки обоснованности формулы проведены два расчёта. В первом расчёте по всем 132 дням первой категории по методу наименьших квадратов оценивались коэффициенты a и b линейной регрессии по модели $T = a * L + b * H$.

В результате получилось: $a = 0.325$, $b = 3.15$, что соответствует $T = 0.325 * L + 3.15 * H = 0.325 * (L + 9.69 * H) = (L + 9.69 * H) / 3.077$. Величины 9.69 и 3.077 практически не отличаются от удобных для устных расчётов значений 10 и 3 , которые используются в формуле (2). Таким образом, коэффициенты в формуле обоснованы их близостью к статистически оптимальным значениям и удобством.

Второй расчёт проводился для анализа точности исходной формулы с коэффициентами 10 и $V = 3$. В этом расчёте по всем 132 дням первой категории по методу наименьших квадратов оценивался коэффициент w линейной регрессии для модели вида $T = w * S$, где S – эффективная длина пути, вычисляемая по формуле $S = (L + 10 * H)$. Заодно вычислялся коэффициент корреляции q , СКО g , соответствующие остаточной дисперсии в модели регрессии $T = wS$ и корень g' из дисперсии ошибки прогнозирования по исходной формуле.

Результаты расчёта таковы: оптимальное значение $w = 0.322$, величины T и S коррелированы с коэффициентом корреляции $q = 0.624$, остаточное СКО $g = 1.395$ [час], корень g' из дисперсии ошибки прогнозирования по формуле (1) равен 1.407 [час].

Близость g' и g свидетельствует о низкой чувствительности формулы $T = wS$ к установке вместо оптимального значения $w = 0.322$ величины $w = 0.333$, которая эквивалентна значению скорости $V = 3$.

Вывод. Формула прогнозирования ЧХВ для дней первой категории даёт почти несмещённую оценку T с СКО ошибки $g' = 1$ час 25 мин. Дисперсия ошибки накапливается со скоростью ~ 2 час*час в день, в частности, прогноз ЧХВ 18-дневного похода (из дней первой категории) имеет 6 часовое СКО ошибки, что соответствует одному рабочему дню.

5. Составление подневного плана прохождения маршрута

Результаты планирования трудоёмкости дневных переходов по формуле (2) заносятся в таблицу – подневный план прохождения маршрута, который отличается от календарного плана отсутствием колонки с датами. В качестве примера приведём таблицу планирования начала похода по Заалайскому хребту, 1997 г.

Этот план был исполнен, несмотря на то, что прогноз ЧХВ на второй день похода был 8 часов. Это на 2 часа более нормы. Как следствие – заболели 2-х участников. Третий и четвертый дни похода стали вынужденными дневками. Вот цена, которую пришлось заплатить за то, что в правой колонке вместо рекомендованных 6 часов стоит 8.

Для технически нагруженных дней преодоления перевалов 3А и 3Б к.с. в колонке ЧХВ можно формально проставить 7–8 час.

6. Планирование запасных дней

Для учета непредвиденных задержек в ходе похода в конце плана необходимо добавить некоторое количество запасных дней. Эти непредвиденные задержки могут быть обусловлены плохой погодой, неожиданно сложным для прохождения рельефом, заболеваниями участников и другими случайными факторами. Спортивная группа в полевых условиях является открытой системой, которая возмущается потоком случайных событий. Естественно предположить, что эти события независимы и образуют поток с постоянной интенсивностью.

В силу своей случайной природы, ошибка планирования возрастает со временем не только с постоянным сносом, но и с диффузией. Если учитывать только снос, то число запасных дней должно быть пропорционально длительности похода. В результате такого планирования количество запасных дней для коротких походов будет неоправданно мало, а для больших походов – неоправданно велико. Учёт только диффузии приводит к росту числа запасных дней пропорционально квадратному корню из длительности похода. Это гораздо лучше согласуется с интуитивными представлениями о необходимом размере запаса (см. вторую колонку таблицы 3).

В общем случае число запасных дней должно выражаться формулой $Z = a * T + b * \sqrt{T}$ (T), где T – число запланированных активных

дней, a – коэффициент сноса, b – коэффициент диффузии.

С помощью простенькой стохастической модели явления сведём эту формулу к однопараметрическому виду. Будем считать, что ежедневно с некоторой малой вероятностью p возникает случайное требование к задержке похода на один день. Пусть X(n) – случайная величина, соответствующая n-ному дню и принимающая значение 1 с вероятностью p и 0 с вероятностью 1-p. Тогда сумма Y этих случайных величин выражает суммарную случайную задержку в походе. Её мат. ожидание и дисперсия таковы: $M(Y) = pT$, $D(Y) = pT(1-p)$. Если размер запаса выбирать, отменяя при этом редкие и особенно большие значения Y по уровню 3-х среднеквадратических отклонений, то $Z = pT + 3 * \sqrt{pT(1-p)}$. При малых p эта формула упрощается:

$$Z = pT + 3 * \sqrt{pT}, \tag{3}$$

В таком виде формула свободна от произвола во фразе «ежедневно с некоторой малой вероятностью p возникает случайное требование к задержке похода на один день». Если рассматривать более короткие промежутки времени, например, в полдня, то вероятность возникновения требования уменьшится в 2 раза и станет равной p/2, а число случайных событий возрастёт в 2 раза и станет равным 2T. Поэтому произведение pT сохранится. В этой формуле коэффициенты сноса и диффузии зависят от одного параметра p.

В третьей и четвертой колонках таблицы 2 приведен расчёт запасных дней по формуле (3) для p = 0.03 и p = 0.04.

7. Результаты планирования маршрута

Итак, вы соединили интересные точки района, а также точки заезда и выезда из района траекторией маршрута с учетом ограничений и пожеланий, описанных в пунктах 2 и 3. Затем провели

Таблица 3 – Планирование числа запасных дней

Плановая длительность похода T	Интуитивно необходимое количество запасных дней	Результат расчёта числа запасных дней по формуле (3)	
		p= 0.03	p= 0.04
4	1	1.16	1.36
9	2	1.83	2.16
20	3	2.92	3.48
36	4	4.20	5.04
49	-	5.11	6.16



планирование дневных переходов, составили подневный план и оценили плановую длительность похода. Наконец, вы оценили необходимое количество запасных дней. Результаты всей этой работы полезно оформить в виде следующих таблиц:

1. Подневный или календарный план движения по основному маршруту с контролем ЧХВ всех дневных переходов.

2. Таблица ресурсов, в которой отражены объемы ресурсов топлива и продуктов питания, исчисляемые количеством дней, и места их захоронения в забросках.

3. Список запасных вариантов для участков маршрута, желательно с подневными планами движения. Рекомендуется прописывать, также, возможные причины, по которым будет принят тот или иной запасной вариант, оставляя за собой право, при необходимости, действовать вопреки заранее спланированным рекомендациям.

Литература

1. Бельченко, Л.А. Адаптация человека и животных к гипоксии разного происхождения / Л.А. Бельченко // Соросовский образовательный журнал 2001. Т. 7. – №7.
2. Стратегия адаптации и акклиматизации человека к деятельности в условиях горной среды: Монография / Ю.В. Байковский, С.Н. Литвиненко. – М. 2018.
3. Литвиненко С.Н. Показатели нагрузки акклиматизационного цикла в среднегорье перед высокогорным восхождением / С.Н. Литвиненко, Ю.В. Байковский // Экстремальная деятельность человека. – 2017. – №3(44). – С. 22-29.

Literature

1. Belchenko, L.A. Adaptation of humans and animals to hypoxia of different origin. Belchenko // Soros Educational Journal 2001. T. 7. – № 7.
2. The strategy of adaptation and acclimatization of people to activities in mountain environments: Monograph / Yu.V. Baikovskiy, S.N. Litvinenko. – M., 2018.
3. Litvinenko S.N. Indicators of the acclimatization cycle load in the mid-mountain area before the high-altitude ascent. Litvinenko, Yu.V. Baikovsky // Extreme activity of man. – 2017. – No. 3 (44). – P. 22-29.

