



УДК 551.4

ПРИМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ГОРНО-РАВНИННЫХ ЛАНДШАФТОВ-ЭКОТОНОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА)

© 2012 **З.В.Атаев¹, В.В.Братков²**

¹ Дагестанский государственный педагогический университет

² Московский государственный университет геодезии и картографии

В статье анализируются морфометрические характеристики ландшафтов низкогорно-предгорной полосы Северо-Восточного Кавказа, рассматривается их роль в формировании и пространственной дифференциации природно-территориальных комплексов региона.

In article are analyzed morphometrical characteristics of landscapes of a lowland-foothill strip of the Northeast Caucasus, their role in formation and spatial differentiation of natural-territorial complexes of region is considered.

Ключевые слова: Северо-Восточный Кавказ, низкогорно-предгорная полоса, предгорье, низкогорье, нижнегорье, предгорный экотон, морфометрия, абсолютная высота, гипсометрия, крутизна склона, экспозиция склона, горизонтальное расчленение рельефа.

Keywords: the Northeast Caucasus, lowland-foothill strip, foothills, lowland, foothill ekotone, morphometry, absolute height, gipsometry, slope steepness, slope exposition, horizontal partition of a relief.

В настоящее время, в связи с развитием цифровых технологий и широкой доступностью данных дистанционного зондирования, стал возможным детальный анализ ландшафтообразующих факторов. Так, применение цифровых моделей рельефа упростило морфометрический анализ рельефа за счет простоты создания гипсометрической карты, а также ее производных – крутизны и экспозиции склонов. Именно эти факторы признаются наиболее важными при составлении ландшафтной прекарты.

Нами для территории Северо-Восточного Кавказа на основе цифровой модели рельефа были составлены карты экспозиции и крутизны склонов, а также карта порядков эрозионных форм. Анализ этих карт позволяет более точно выделять биотопы, и в конечном итоге – морфологические единицы ландшафта.

Северо-Восточный Кавказ традиционно определяется как участок северного макросклона Большого Кавказа в пределах его восточного отрезка в следующих границах: на западе – водораздел рек Гизельдон и Терек, на юге – гребень Главного Кавказского хребта, на востоке – водораздел рек Самур и Кусары-чай и на севере границей являются Лесистый хребет и хребты, окаймляющие Внутренний Дагестан (Андийский, Салатау, Гимринский и др.). Он охватывает бассейны рек Терек (правые притоки), Сулак и Самур [6].

В таком понимании он рассматривается исключительно как часть горного сооружения Большого Кавказа, без переходной полосы от равнин Предкавказья, которые протягиваются к северу от русла р. Терек. Вместе с тем, эта полоса контакта характеризуется довольно высокой контрастностью природных условий. В орографическом отношении здесь протягиваются такие хребты, как Сунженский и Терский с хорошо выраженной депрессией между ними, а также понижением между Лесистым хребтом Большого Кавказа и Сунженским хребтом (Чеченской и Осетинской наклонными равнинами).

В геоморфологическом отношении здесь отмечается сочетание равнинного и горного рельефа, и, хотя высоты указанных хребтов не превышают 400-600 м, они играют большую роль в формировании ландшафтов, являясь важными локальными климаторазделами [4].

Предгорья как физико-географический, или ландшафтный, экотон (по терминологии Э.Г. Коломца [8] и В.А. Николаева [10]) характеризуются набором и сочетанием как минимум 3 геоморфологических элементов: 1) хребты, представляющие собой локальные повышения на фоне равнинного рельефа и чаще всего являющиеся низкогорьями в геоморфологическом отношении (до 1000 м над уровнем моря); 2) равнинные участки, характеризующиеся незначительной крутизной (до 2-4°), чаще всего располагающиеся между хребтами, или как минимум с одной стороны прилегающие к ним (то есть, по сути, являющиеся днищами котловин); 3) наиболее низкие хребты собственно горного сооружения Большого Кавказа, в геоморфологическом отношении относящиеся к низкогорьям, а в ландшафтом – к нижнегорьям, так как здесь начинается самый нижний высотный пояс – широколиственные леса.



Столь значительная геоморфологическая «пестрота» приводит к тому, что здесь формируется своеобразный мезоклимат, отличающийся как от прилегающих равнин (меньшие скорости ветра, более стабильный снежный покров и т.п.), так и от гор (более высокие температуры и меньшее количество осадков). В результате геоморфологической «пестроты» и особенностей климата здесь формируется более широкий ряд местоположений, и, соответственно, набор физиономических типов растительности: травяной, кустарниковой и древесной, наиболее типичной для лесостепной зоны.

В низкогорно-предгорных ландшафтах в результате взаимодействия гор с прилегающими равнинами возникает своеобразная предгорная зональность, относимая к парадинамической зональности регионального уровня [2]. Зональность предгорных ландшафтов выражается в чередовании гумидно-предгорного и аридно-теневого вариантов зональности. Гумидно-предгорная зональность характерна для наветренных склонов, где смена ландшафтных комплексов происходит в результате склоновых процессов, связанных с трансформацией воздушных масс на склонах благодаря явлению предвосхождения. Аридно-теневая зональность выражена в области барьерной тени («дождевой» тени), т.е. на подветренной стороне гор, а также в сухих межгорных депрессиях и суходолах, огражденных передовыми хребтами. Чередование гумидно-предгорной и аридно-теневого зональности приводит к быстрой смене типов ландшафта на сравнительно небольших расстояниях, несмотря на то, что высотные отметки местности возрастают незначительно [3].

Кроме предгорной зональности местами при непосредственном влиянии передовых хребтов, стоящих в виде барьера на пути движения воздушных масс, проявляется барьерно-высотная зональность ландшафтов [1; 9]. Задерживая насыщенные водяными парами воздушные массы и конденсируя их влагу на наветренных склонах, предгорные хребты создают своеобразный мезофильный ландшафт, резко отличающийся от территорий, находящихся в области барьерной тени.

Для объективного анализа и выделения равнинной, предгорной и горной частей нами был проведен анализ морфометрических особенностей рельефа, так как указанные понятия относятся к категории геоморфологических.

Среди большого количества морфометрических параметров наиболее подходящими для выявления ландшафтообразующей роли подходят такие, как абсолютная высота местности и крутизна поверхностей. Гипсометрический фактор приводит к дифференциации ландшафтов, а крутизна является тем критерием, по которому отграничиваются равнинные и горные ландшафты.

Распределение территории Северо-Восточного Кавказа по высотным отметкам представлено в таблице 1 и рисунке 1.

Таблица 1

Распределение территории Северо-Восточного Кавказа по высотным отметкам

| Высоты, м | Площадь, км ² | Площадь, % | В т.ч. предгорья, км ² |
|-----------|--------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Менее 100 | 260 | 0,6 | 260 |
| 100-200 | 1849 | 4,1 | 1849 |
| 200-400 | 6103 | 13,6 | 6092 |
| 400-600 | 4345 | 9,7 | 4164 |
| 600-800 | 3104 | 6,9 | 2440 |
| 800-1000 | 2187 | 4,9 | 784 |
| 1000-1200 | 2094 | 4,7 | 191 |
| 1200-1400 | 2253 | 5,0 | 30 |
| 1400-1800 | 4991 | 11,1 | — |
| 1800-2000 | 2854 | 6,4 | — |
| 2000-2400 | 5565 | 12,4 | — |
| 2400-3200 | 7465 | 16,6 | — |
| 3200-3600 | 1555 | 3,5 | — |
| 3600-4000 | 283 | 0,6 | — |
| 4000-5013 | 33 | 0,1 | — |
| | 44940 | 100,0 | 15810 |

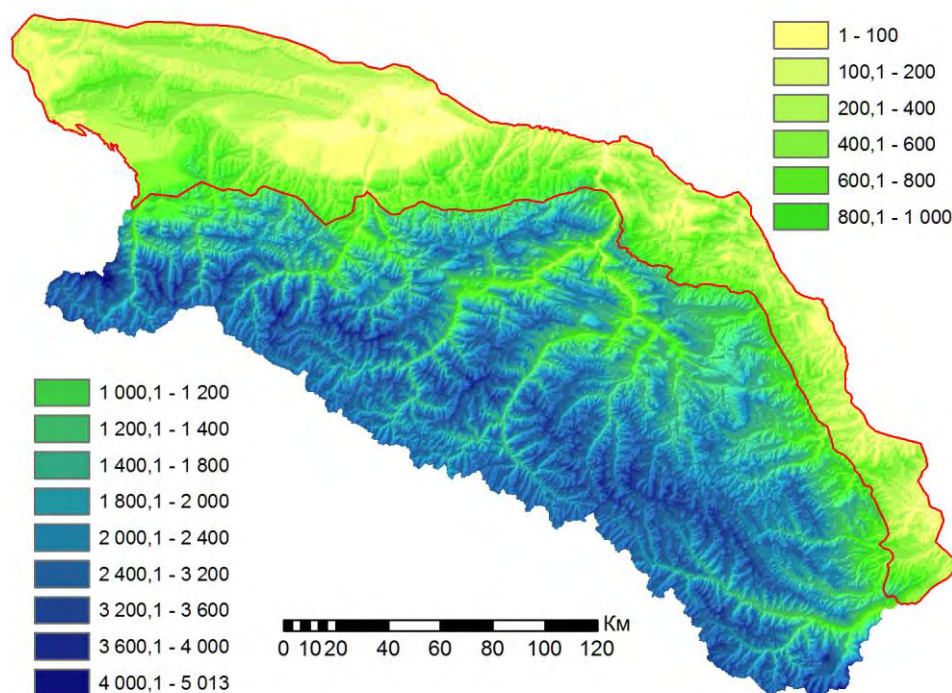


Рис. 1. Распределение территории Северо-Восточного Кавказа по высотным отметкам

Как видно из приведенных данных, предгорья занимают 35% от всей площади Северо-Восточного Кавказа. При этом на высоты до 1000 м (низкогорья в геоморфологическом понимании) приходится 17848 км² (39,7%), 1000-2000 м (среднегорья) – 12192 км² (27,1%), и 2000-3000 м – 11625 км² (25,9%), и выше 3000 м – 3223 км² (7,2%). То есть в геоморфологическом отношении на территории Северо-Восточного Кавказа более широко представлены низкогорья и высокогорья, тогда как среднегорья занимают несколько меньшую площадь. Наибольшую площадь в низкогорьях занимают высотные отметки 200-400 и 400-600 м, куда входят передовые хребты (Терский и Сунженский). Что касается среднегорий, то здесь распределение территории довольно равномерное. В высокогорьях (до 3000 м) заметно повышение доли территорий с высотами от 2500 м, что можно объяснить наличием значительных поверхностей выравнивания как на Скалистом хребте, так и во Внутригорном Дагестане. Наиболее высокие части горного сооружения занимают не столь значительную территорию.

Ландшафты предгорья, низкогорий и нижнегорий, которые поднимаются до 1000-1200 м заметно, до высоты до 600 м почти полностью заняты ими. Территории с отметками высот 600-800 м тяготеют к предгорной части, а при дальнейшем увеличении абсолютной высоты низкогорья и предгорья постепенно переходят в собственно горное сооружение.

Одним из наиболее простых и достоверных критериев, по которому отделяется горная часть от равнинной, является крутизна склонов. Чаще всего признается, что при крутизне поверхностей или склонов свыше 6° начинаются горы (или их предгорья). Распределение территории в зависимости от крутизны склонов иллюстрируют таблица 2 и рисунок 2.

На территории Северо-Восточного Кавказа встречаются склоны с крутизной до 75°. Поверхности с крутизной до 6° занимают 10598 км² (23,6%). В геоморфологическом отношении они соответствуют равнинам. В горной части территории с такой крутизной склонов чаще всего отмечается либо в котловинах, либо это поверхности выравнивания в довольно возвышенных частях (горные плато). Склоны с разной степенью покатости (от 6 до 20°) занимают наибольшую, по сравнению с другими склонами – до 16503 км² (36,7%). Следующая группа склонов – склоны средней крутизны (20-30°), занимают 9087 км² (20,2%). Крутые склоны (30-45°) занимают 7713 км² (17,2%). Обрывистые склоны (45-60°) занимают 1001 км² (2,2%). И, наконец, отвесные скалы (60-75°) занимают ничтожно малую площадь.

Таблица 2

**Распределение территории Северо-Восточного Кавказа
в зависимости от крутизны склонов**

| Склоны | Крутизна | Площадь, км ² | Площадь, % | В т.ч. предгорья |
|--------------------------------------|----------|--------------------------|--------------|------------------|
| Плоские и слабонаклонные поверхности | 0-2 | 5011 | 11,2 | 4764 (95%)* |
| | 2-4 | 2933 | 6,5 | 2377 (81%) |
| | 4-6 | 2654 | 5,9 | 1851 (70%) |
| Покатые склоны | 6-8 | 2649 | 5,9 | 1618 (61%) |
| | 8-10 | 2640 | 5,9 | 1393 (53%) |
| | 10-15 | 5952 | 13,2 | 2247 (38%) |
| | 15-20 | 5262 | 11,7 | 984 (19%) |
| Средней крутизны | 20-25 | 4832 | 10,8 | 367 (8%) |
| | 25-30 | 4255 | 9,5 | 134 (3%) |
| Крутые | 30-35 | 3472 | 7,7 | 50 |
| | 35-40 | 2641 | 5,9 | 17 |
| | 40-45 | 1620 | 3,6 | 6 |
| Обрывистые | 45-50 | 721 | 1,6 | 2 |
| | 50-60 | 280 | 0,6 | 1 |
| Отвесные | 60-75 | 17 | ~ 0,0 | 0 |
| | | 44940 | 100,0 | 15810 |

Примечание: * – доля склонов от их общей площади на территории всего Северо-Восточного Кавказа

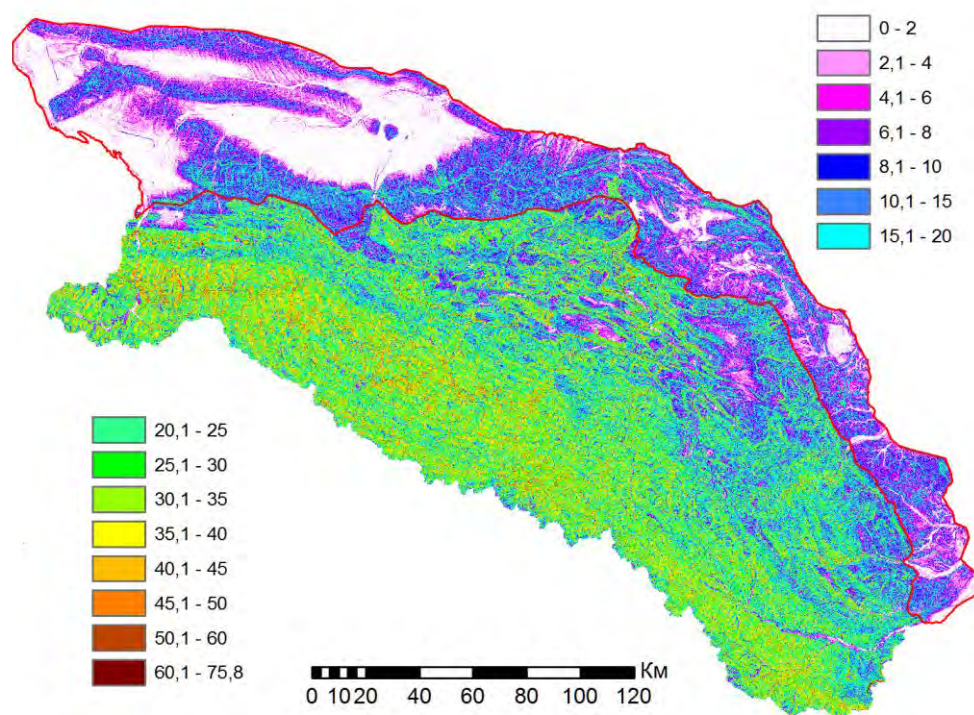


Рис. 2. Распределение территории Северо-Восточного Кавказа в зависимости от крутизны склонов

Что касается предгорных, низкогорных и нижегорных ландшафтов, то здесь на склоны крутизной до 10° приходится более 50% аналогичных склонов, получивших распространение на всей территории Северо-Восточного Кавказа. По мере увеличения крутизны склонов увеличивается доля территории, которая располагается в пределах горного сооружения Большого Кавказа. В целом в пределах предгорных ландшафтов еще сохраняется довольно значительная доля склонов, имеющих крутизну до

25°, а более крутые склоны не характерны для категории предгорных, низкогорных и нижегорных ландшафтов.

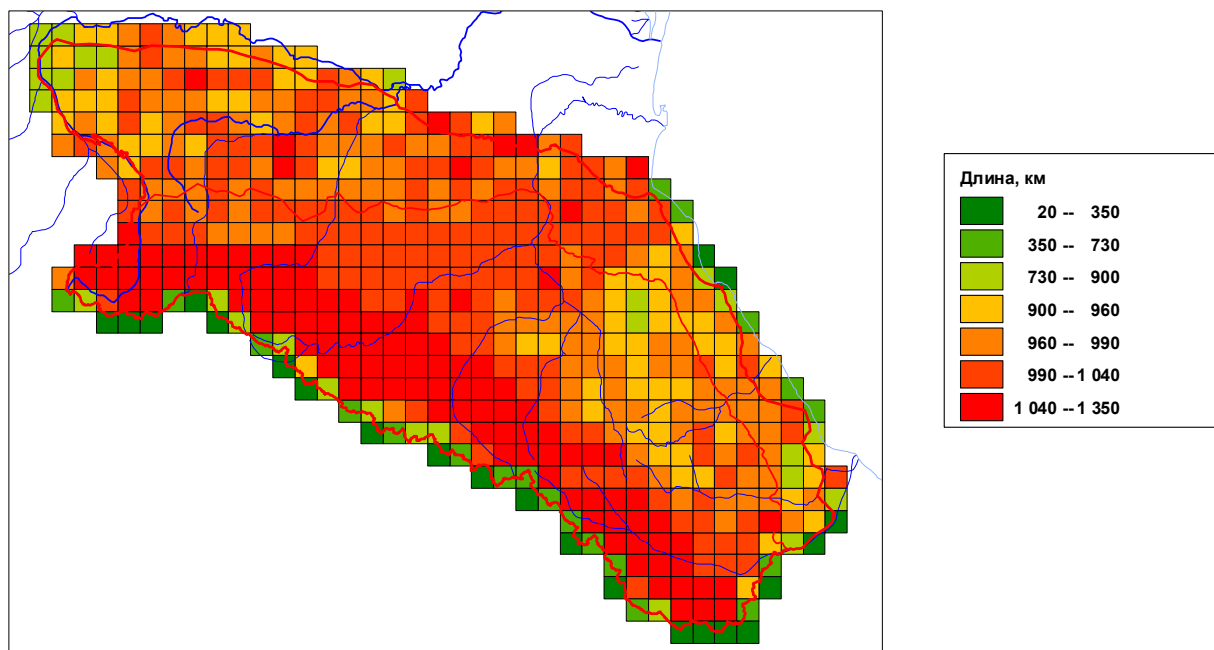
Еще одной важной морфометрической характеристикой является экспозиция склонов (табл. 3).

Как видно из приведенных данных, для Северо-Восточного Кавказа наиболее характерными являются склоны северных румбов, суммарная доля которых составляет 42,9%, что легко объясняется положением территории на северном макросклоне Большого Кавказа. На долю склонов южных румбов приходится 31,3%. С позиции циркуляции атмосферы склоны западных румбов, которые в умеренных широтах получают максимальное количество осадков, занимают более 30% (33,2%), а восточные – около 40% (39,9%). То есть, сочетание этих факторов приводит к тому, что здесь более широко представлены местоположения, в которых отмечается некоторый недостаток тепла и влаги.

Таблица 3

**Распределение территории Северо-Восточного Кавказа
в зависимости от экспозиции склонов**

| Экспозиция | Площадь, км ² | Площадь, % | В т.ч. предгорья, км ² |
|-------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Плоскость | 174 | 0,4 | 173 (99,4%) |
| С (337,5-22,5°) | 7120 | 15,8 | 2892 (40,6%) |
| СВ (22,5-67,5°) | 6917 | 15,4 | 2709 (39,2%) |
| В (67,5-112,5°) | 6365 | 14,2 | 2173 (34,1%) |
| ЮВ (112,5-157,5°) | 4635 | 10,3 | 1378 (29,7%) |
| Ю (157,5-202,5°) | 4830 | 10,7 | 1532 (31,7%) |
| ЮЗ (202,5-247,5°) | 4629 | 10,3 | 1423 (30,7%) |
| З (247,5-292,5°) | 5012 | 11,2 | 1596 (31,9%) |
| СЗ (292,5-337,5°) | 5258 | 11,7 | 1934 (36,8%) |
| | 44940 | 100,0 | 15810 |



**Рис. 3. Карта горизонтального расчленения рельефа
Северо-Восточного Кавказа**

Что касается предгорных, низкогорных и нижегорных ландшафтов, то плоские поверхности абсолютно характерны лишь для предгорных ландшафтов, так как на них приходится 173 из 174 км² (99,4%). Склоны других экспозиций занимают здесь в целом площадь, пропорциональную общей.



Наиболее ярко положение о том, что переходная полоса между равнинной и горной частями характеризуется контрастными («пестрыми») условиями, находит свое подтверждение при анализе карты горизонтального расчленения рельефа. Для создания этой карты был необходим подсчет длин линий водотоков разных порядков (в нашем случае от элементарного, 1 порядка, до 11 – наиболее крупные реки). Далее были подсчитаны длины водотоков в пределах квадрата со стороной 10 км. Итоговая карта (рис. 3) была составлена путем выделения естественных групп в программе MapInfo.

На рисунке 3 хорошо видно, что наибольшая контрастность и пестрота характерны как раз для предгорного экотона. В собственно горной части региона заметно постепенное увеличение эрозионного расчленения по мере увеличения абсолютной высоты. Именно эрозионное расчленение создает условия для формирования склонов разной крутизны и экспозиции. Наличие квадратов с минимальным расчленением на границе Северо-Восточного Кавказа с Закавказьем связано с тем, что в эти «неполные» квадраты попадает лишь часть рассматриваемой территории.

Таким образом, Северо-Восточный Кавказ отличается большой пестротой природных условий и ландшафтов. Исторические, этнографические и археологические источники свидетельствуют, что эта территория была заселена довольно давно. Современные ландшафты района характеризуются сочетанием природно-территориальных комплексов разной степени трансформации. Природные ландшафты Северо-Восточного Кавказа в настоящее время охарактеризованы довольно подробно, однако вопросам современного состояния ландшафтов и степени их трансформации уделяется гораздо меньшее внимание [5; 7]. Предлагаемые морфометрические показатели ландшафтов горно-равнинной контактной полосы Северо-Восточного Кавказа позволяют не только оценить их роль в формировании и пространственной дифференциации природно-территориальных комплексов региона, но также довольно хорошо иллюстрируют степень их селитебной освоенности. Следовательно, предлагаемые показатели могут также применяться и для общей оценки антропогенной нагрузки на ландшафты, в том числе и рекреационной [11].

Библиографический список

1. Алибеков Л.А. Взаимодействие горных и равнинных ландшафтов (на примере Средней Азии). Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. М., 1988. 52 с.
2. Атаев З.В. Географические особенности формирования и пространственной дифференциации природно-территориальных комплексов горного Дагестана // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2004. №1. С. 35-39.
3. Атаев З.В. Ландшафтный анализ низкогорно-предгорной полосы Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2008. № 1. С. 59-67.
4. Атаев З.В., Братков В.В., Гаджимурадова З.М., Заурбеков Ш.Ш. Климатические особенности и временная структура предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2011. № 1. С. 92-96.
5. Атаев З.В., Заурбеков Ш.Ш., Братков В.В. Современная селитебная освоенность ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2010. № 1. С. 71-74.
6. Братков В.В., Салпагаров Д.С. Ландшафты Северо-Западного и Северо-Восточного Кавказа. М.: Илекса, 2001. 256 с.
7. Идрисова Р.А. Ландшафты Чеченской Республики: пространственная структура и особенности селитебной нагрузки. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Нальчик, 2009. 24 с.
8. Коломыц Э.Г. Экотон как объект физико-географических исследований // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1988. № 5. С. 24-36.
9. Максютов Ф.А. Ландшафты предгорий. Уфа: Изд-во Башкирск. ун-та, 1980. 76 с.
10. Николаев В.А. Ландшафтные экотоны // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 2003. № 6. С. 3-9.
11. Пайзуллаева Г.П., Атаев З.В. Природно-рекреационный потенциал низкогорно-предгорных ландшафтов Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2011. № 3. С. 96-98.

Bibliography

1. Alibekov L.A. Interaction of mountain and flat landscapes (on an example of Central Asia). The author's abstract of the dissertation ... doctor of geographical sciences. M., 1988. 52 p.
2. Ataev Z.V. Geographical features of formation and spatial differentiation of natural-territorial complexes of mountain Dagestan // Bulletin of the Voronezh State University. A series: Geography. Geoecology. 2004. №1. Pp. 35-39.
3. Ataev Z.V. Landscape analysis of a lowland-foothill strip of the Northeast Caucasus // Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. 2008. № 1. Pp. 59-67.
4. Ataev Z.V., Bratkov V.V., Gadzhimuradova Z.M., Zaurbekov Sh.Sh. Climatic features and temporal structure of foothill landscapes of the Northeast Caucasus // Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. 2011. № 1. Pp. 92-96.
5. Ataev Z.V., Zaurbekov Sh.Sh., Bratkov V.V. Modern anthropogenic modification of landscapes of the Northeast Caucasus // Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. 2010. № 1. Pp. 71-74.



6. Bratkov V.V., Salpagarov D.S. Landscapes of the Northwest and the Northeast Caucasus. M: Ilekxa, 2001. 256 p.
7. Idrisova R.A. Landscapes of the Chechen Republic: spatial structure and features anthropogenic modification. The author's abstract of the dissertation ... candidate of geographical sciences. Nalchik, 2009. 24 p.
8. Kolomyts E.G. Ecotone as object of natural-geographical researches // Bulletin of AS of the USSR. Series. Geogr. 1988. № 5. Pp. 24-36.
9. Maksyutov F.A. Landscapes of foothills. Ufa: Publishing house of Bashkirsk. Un-ty, 1980. 76 p.
10. Nikolaev V.A. Landscape ecotones // Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography. 2003. № 6. Pp. 3-9.
11. Pajzullaeva G.P., Ataev Z.V. Natural potential of lowland-foothill landscapes of Dagestan // Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. 2011. № 3. Pp. 96-98.

Работа выполнена при финансировании по Тематическому плану Министерства образования и науки Российской Федерации (Госконтракт № 5.4818.2011).

УДК 551.467.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА «а» ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ

© 2012 В.А.Осипов¹, Г.М.Абдурахманов,² А.А. Гаджиев², Л.Б. Братковская¹, Б.К.Заядан³

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

²Дагестанский Государственный Университет

³КАЗНУ имени АЛЬ-ФАРАБИ, г. Алматы, Казахстан

Изучено влияние на морские водоросли *Thalassiosira weissflogii*, *Pseudo-nitzschia delicatissima* сульфата меди, хлорида ртути, метилртути. Обнаружено резкое усиление чувствительности ФС 2 культур микроводорослей и природного фитопланктона к солям тяжелых металлов в условиях светового стресса, что связано с ингибированием белок синтетических реакций. Сделаны выводы о перспективе использования флуоресценции хлорофилла для биотестирования.

The impact on marine algae *Thalassiosira weissflogii*, *Pseudo-nitzschia delicatissima* of copper sulfate, chloride of mercury, methylmercury were studied. Found a sharp increase sensitivity FS 2 of microalgae cultures and natural phytoplankton to salts of heavy metals in the conditions of the light of the stress that is associated with inhibition of protein synthetic reactions. Conclusions are made about the prospects of the use of fluorescence of chlorophyll "a" for biotesting.

Ключевые слова: *thalassiosira weissflogii*, *pseudo-nitzschia delicatissima*, фитопланктон, флуоресценция хлорофилла, фотосинтез, биотестирование, экология

Keywords: phytoplankton, chlorophyll fluorescence, photosynthesis, biotesting, ecology

Аббревиатура:

ФС 2 – фотосистема 2; E (ФАР) – фотосинтетически активная радиация, освещенность ($\text{мкЕ}/(\text{м}^2 \text{ с})$); F_0 , F_m – фоновая и максимальная флуоресценция адаптированных к темноте клеток; F_v/F_m – максимальный квантовый выход ФС 2, где $F_v = F_m - F_0$; NPQ – нефотохимическое тушение флуоресценции; F_m' – максимальная флуоресценция клеток на свету; ФИ – фотоингибирование;

На долю водорослей приходится почти половина фотосинтетической биологической продукции Земли. В водных экосистемах фитопланктон (планктонные микроводоросли) является одним из главным источником органического вещества. Поэтому для характеристики состояния водной среды необходимо определять обилие и состояние природного фитопланктона. Количество водорослей обычно оценивают по содержанию в них хлорофилла *a* спектрофотометрическим методом. Более оперативным и чувствительным для решения этой задачи являются измерения интенсивности флуоресценции водорослей в природной воде. Флуоресцентный метод оценки концентрации хлорофилла и, соответственно, обилия водорослей нашел широкое применение в экологии и гидробиологии как при работе с интактными водорослями, так и с экстрагированными из них растворами пигментов.

Эти методы обладают высокой чувствительностью, производительностью, точностью и позволяют проводить измерения *in situ* в режиме реального времени, что очень важно для решения экологических проблем, а также в биотехнологических работах для оценки работы фотосинтетического аппарата водорослей при культивировании в разных условиях. Основа флуоресцентных методов состоит в том, что хлорофилл, находящийся в фотосинтетических мембранах, служит природным инди-