**Голубой цвет елям придают нанотрубки**

*Красноярские ученые определили, что голубая ель и сизая пшеница имеют голубой оттенок из-за присутствия нанотрубок в покрывающем иглы и листья эпикутикулярном воске. Нанообъекты длиной в несколько микрон влияют на проникающий в растения свет. Благодаря этому, растения могут выживать при недостатке света и увеличивать эффективность фотосинтеза. Результаты исследования* [*опубликованы в сборнике конференций International Conference on Information Technology and Nanotechnology*](https://ieeexplore.ieee.org/document/9253272)*.*

Многие части растений покрыты эпикутикулярным воском. Он защищает листья от избыточной влаги и пересыхания, насекомых-вредителей и химических веществ. Когда свет падает на фотосинтезирующую поверхность, первое, что он встречает на пути — это восковой слой, влияющий на оптические характеристики проникающего излучения.

Ученые Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» выяснили, что структурными элементами воскового покрытия растений являются нанотрубки. Исследовав влияние поверхностного слоя на оптические свойства хвои голубой ели и листьев сизо-серой пшеницы, физики пришли к выводу, что именно нанообъекты отвечают за синий цвет.

Для того чтобы изучить структуру воска, ученым нужно было аккуратно отделить его от растений. Обычно для этого используют органические вещества или растворы, которые могут загрязнить исследуемый материал. Поэтому ученые придумали, как отделить воск при помощи дистиллированной воды. Вода — это инертный и чистый материал, она глубоко проникает внутрь растительных тканей под действием капиллярных сил и легко удаляется при сушке. Образцы помещали в сосуд с водой на несколько часов, после чего охлаждали до минусовой температуры. Замерзая, вода расширялась и отрывала восковые пластинки от поверхности листа. После оттаивания пластинки всплывали на поверхность, где их собирали ученые.

Исследование полученных образцов под сканирующим электронным микроскопом показало, что у обоих растений восковое покрытие состоит из нанотрубок диаметром около 150 нанометров и длиной от 1 до 4 микрон. При сравнении воска еловых иголок и листьев пшеницы обнаружилось, что они различаются спектрами флуоресценции. У голубых елей пик свечения был близок к границе с ультрафиолетом, а у пшеницы он находится недалеко от зеленой зоны. В результате под воздействием ультрафиолета ель приобретает синий цвет, а пшеница становится серо-голубой. Различие связано с тем, что нанотрубки в восковом покрытии ели полые, а у пшеницы – заполненные, из-за чего они по-разному преломляют свет.

*«В 2016 году учеными из Англии было обнаружено, что за синюю окраску растений отвечают не пигменты, а некая фотонно-кристаллическая структура в хлоропластах растений. В Сибири растет много голубых елей, мы начали искать причину их синего цвета и наткнулись на воск. Выяснилось, что именно он отвечает за необычный цвет. Если этот слой химически удалить, то визуально дерево станет обычной зеленой елью. Также мы рассмотрели сорт сизой пшеницы и выяснили, что толстый восковой покров голубоватых растений состоит из нанотрубок. При исследовании спектральных характеристик воска обнаружили, что он поглощает практически весь ультрафиолет и излучает его в видимом диапазоне света, то есть флюоресцирует.* *Поглощая коротковолновый свет, восковой слой защищает внутреннюю структуру клеток от ультрафиолетового излучения и в тоже время, переводит его в видимую область спектра, тем самым увеличивая эффективность фотосинтеза*», — рассказал один из авторов исследования **Евгений Буханов**, младший научный сотрудник Института физики им. Л.В. Киренского Красноярского научного центра СО РАН.