

УДК 574.9+581.9

ПЫЛЬЦА И ВОДОРОСЛИ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ ГОРОДА БАРНАУЛА

Е.Ю. Митрофанова¹, Н.С. Малыгина¹, Н.А. Рябчинская², Г.И. Ненашева²

¹Институт водных и экологических проблем СО РАН, E-mail: emit@iwep.ru

²Алтайский государственный университет

Приведены результаты изучения пыльцы высших растений в атмосферных осадках г. Барнаула в 2014 г. Выявлено, что появление пыльцы в атмосферных осадках соответствует календарным срокам региона: максимум отмечен в конце мая при цветении сосны (до 64,8 % от общего количества пыльцы) с примесью пыльцы березы (18,4 %). Впервые в атмосферных осадках г. Барнаула выявлены диатомовые водоросли и цисты золотистых водорослей.

Ключевые слова: пыльца, диатомовые и золотистые водоросли, атмосферные осадки, город Барнаул.

В приземном слое атмосферы практически постоянно циркулирует значительное количество частиц органического и неорганического происхождения, которые могут транспортироваться на значительные расстояния. Среди них большой интерес вызывают те, которые имеют биологическое происхождение. Многие исследователи предполагают, что именно они, представляя собой ядра конденсации, значительно влияют на процесс формирования облачности и осадков, а, следовательно, на гидрологические циклы и климат, преимущественно на региональном уровне [1-3]. К таковым, в первую очередь, относят пыльцу деревьев, кустарников, трав, а также водоросли, вирусы и бактерии [4].

Большая доля пыльцы, идентифицированной в атмосферных осадках, приходится на так называемые анемофильные, или ветроопыляемые виды растений, пыльцевые зерна которых приспособлены для переноса по воздуху на значительные расстояния. В условиях Сибири это виды деревьев и кустарников из родов *Betula* (береза), *Alnus* (ольха), *Pinus* (сосна), *Abies* (пихта), *Picea* (ель), *Larix* (лиственница), *Thalictrum* (василистник), травы из семейства Poaceae (злаки), Chenopodiaceae (маревые), Plantaginaceae (подорожни-

ковые), родов *Carex* (осока), *Rumex* (щавель), *Cannabis* (конопля), *Humulus* (хмель), *Amaranthus* (щирца), *Urtica* (крапива), *Typha* (рогоз) и др. Анемофильные виды при этом имеют высокие показатели пыльцевой продуктивности. В атмосферу кроме пыльцы растений случайным образом при отрыве микроскопических капелек воды с поверхности водоемов попадают и такие микроскопические объекты, как водоросли, в основном диатомовые и золотистые, имеющие твердые кремнистые панцири и оболочки.

Идентифицированные (определенные до таксона) биообъекты могут служить надежными индикаторами атмосферных переносов в регионе, в связи с этим изучение их состава и количества в атмосферных осадках имеет существенное значение при определении траекторий движений воздушных масс в тот или иной момент времени. Кроме того, в последнее время все больше внимания уделяется изучению пыльцы в атмосферных осадках в связи с высокой аллергенностью пыльцевых зерен многих анемофильных растений, что является причиной поллинозов, получающих широкое распространение в периоды цветения деревьев и трав. По статистике примерно каждый пятый житель России

подвержен аллергическим заболеваниям, и по прогнозам с каждым годом эта цифра будет увеличиваться [5]. С 2004 г. в Алтайском крае (г. Барнаул) проводятся аэропалеонтологические исследования, позволяющие выявить качественные и количественные характеристики пыльцевого спектра воздушной среды г. Барнаула [6]. Однако идентификация водорослей как в воздушной среде, так и в атмосферных осадках г. Барнаула пока не проводилась. В связи с этим целью данной работы являлось выявление биологических объектов и их относительной роли в атмосферных осадках г. Барнаула.

Материалы и методы исследования

Алтайский край расположен в центре Евразийского материка на границе климатических и природных зон. Значительная часть территории региона характеризуется как лесостепная зона с многочисленными и разнообразными природными и антропогенно измененными ландшафтами в условиях умеренно континентального климата, что обеспечивает наличие широкого спектра сообществ естественной растительности и культурных посадок. Город Барнаул находится в восточной части

Приобского плато на границе с долиной р. Обь [7]. В городе Барнауле на открытой площадке крыши здания ИВЭП СО РАН проводили отбор проб атмосферных осадков в период с января по сентябрь 2014 г. Собранные осадки фильтровали через лавсановые фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Подсчет и идентификацию пыльцевых зерен и водорослей проводили с помощью светового микроскопа Nikon H550L и камеры Нажотта объемом 0,5 мл.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение распространения пыльцы в атмосферных осадках может служить дополнением к данным по изучению атмосферного переноса микроэлементов или субмикронных аэрозольных частиц [8]. Появление в атмосферных осадках пыльцевых зерен разных видов деревьев и кустарников зависит от времени цветения тех или иных растений. В г. Барнауле и его окрестностях в апреле появляется пыльца березы, ивы, тополя и сосны, июле-августе – пыльца большинства травянистых растений, в том числе злаковые «пылят» с мая до сентября (рис. 1).

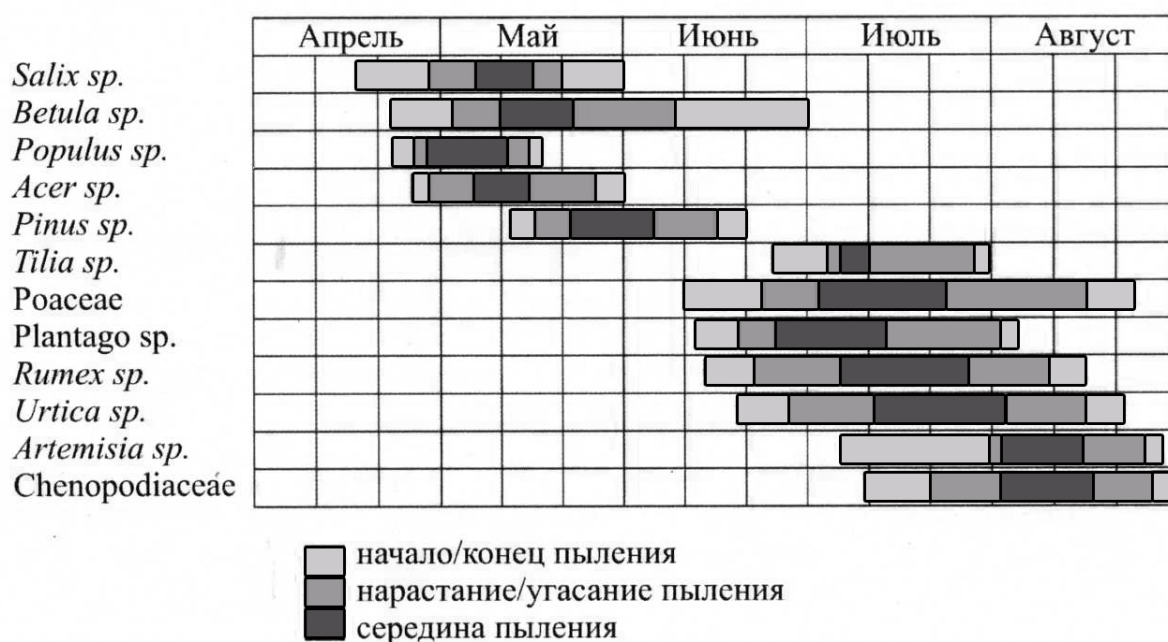


Рис. 1. Календарь пыления некоторых растений в окрестностях г. Барнаула (по: [6])

Схожая сезонность в появлении пыльцы отмечается и в атмосферных осадках. Так в пробах осадков зимнего периода 2014 г. пыльцевые зерна не были обнаружены, первые из них появились только в атмосферных осадках третьей декады апреля, а именно, в пробе атмосферных осадков, отобранной 22 апреля, было обнаружено 43 пыльцевых зерна. В процентном соотношении преобладала пыльца р. *Betula* – 44 %, при этом пыльцы родов *Pinus* и *Salix* было обнаружено примерно одинаковое количество (26 и 21 %, соответственно), минимальная доля приходилась на пыльцу р. *Populus* – 9 %. По данным многолетних наблюдений [6] именно в апреле-мае в атмосферном воздухе г. Барнаула наблюдается наиболее высокая концентрация пыльцы представителей данных родов.

С конца апреля количество пыльцевых зерен высших растений в атмосферных осадках постепенно увеличивается. Наибольшее их количество было выявлено в пробе, отобранной 26 мая,

когда в регионе началось массовое цветение сосны (рис. 2). На долю пыльцы *P. sylvestris* приходилось 64,8 % от общего количества, а на долю р. *Betula* – 18,4 % (рис. 3). Кроме сосны как видоэпифитатора боровой растительности в районе г. Барнаула верхний ярус, как правило, составляют береза и осина, произрастающие в ложбинах, в местах вырубки леса и на бывших гарях. По берегам рек встречаются ива и тополь. В среднем ярусе бора растет множество кустарников, в том числе ягодников: калина, смородина, черемуха, малина, ежевика, облепиха, черника, рябина, крушина, боярышник, шиповник, брусника, а на болотах – клюква. В нижнем ярусе преобладают травянистые растения, в том числе папоротник, хвощ зимующий, молочай кипарисовый, костяника, земляника, лютик, на открытых участках – ковыль, на борových болотах – камыш и осока. Распространены также мхи и лишайники. Все эти растения могут быть источниками пыльцы, обнаруживаемой в осадках.

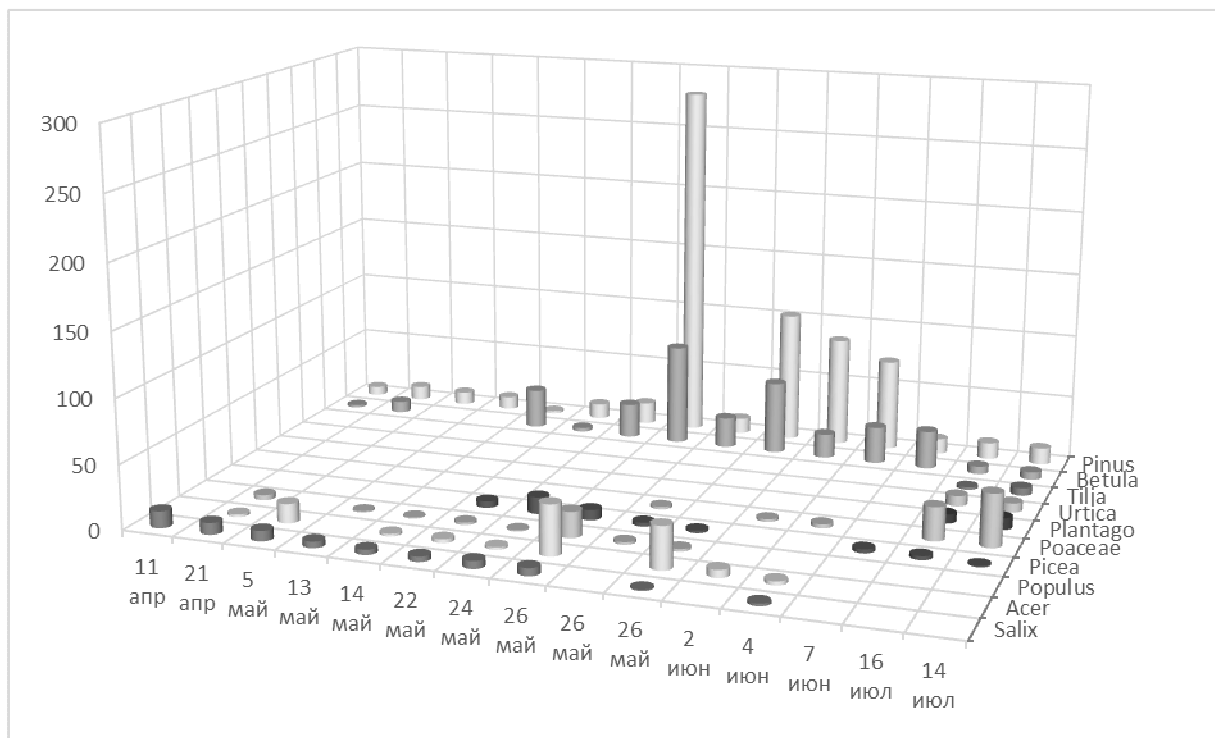


Рис. 2. Пыльцевой спектр в атмосферных осадках, отобранных в г. Барнауле, апрель-июль 2014 г.

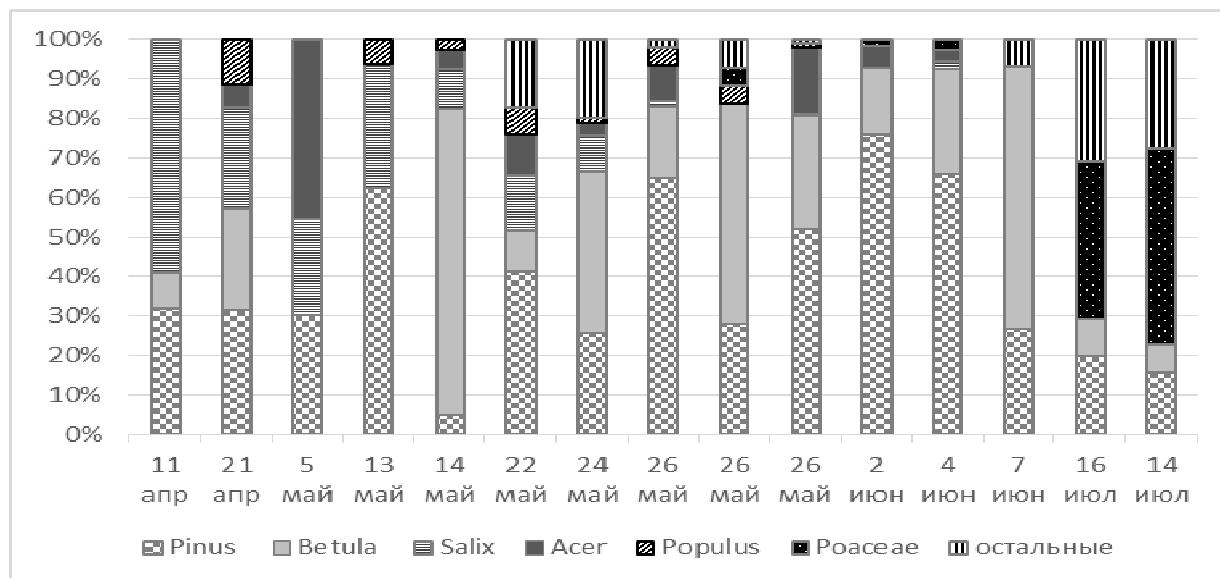


Рис. 3. Доля представителей различных родов в общем количестве пыльцевых зерен в атмосферных осадках, отобранных в г. Барнауле, апрель-июль 2014 г.

Кроме пыльцы сосны и березы в пробе атмосферных осадков, отобранной 26 мая, были выявлены единичные представители водорослей – диатомей *Hantzschia amphyoaxis* (Ehr.) Grun. и стоматоцист золотистых водорослей (рис. 4). Их поступление в атмосферные осадки связано с тем, что воздушные массы при прохождении над водоемами захватывают микроскопические капельки воды вместе с обитателями этих водоемов и переносят их на большие расстояния. Размеры клеток водорослей ничтожно малы: от нескольких до десятков микрометров. Количество водорослей в атмосферных осадках обычно также очень мало. *H. amphyoaxis* – пресноводный вид, убикивист, т.е. имеющий широкое распространение в различных типах водоемов. Отличительной особенностью этого вида является и то, что он находит распространение не только в водных, но и в наземных местообитаниях в ассоциациях с мохообразными [9], поэтому чаще, чем другие виды может встречаться при воздушном переносе. Это подтверждается и тем, что при исследовании ледниковых кернов с горных массивов Белуха (Русский Алтай, 49°48'26.3"с.ш. и 86°34'42.8"в.д.) и Цам-

багарав (Западная Монголия, 48°39'33.8"с.ш. и 90°50'82.6"в.д.) *H. amphyoaxis* была отмечена в разных слоях кернов наряду с такими диатомеями, как *Achnanthis minutissimum* (Kütz.) Czarnecki, *Pinnularia borealis* Ehr., *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot var. *ulna*, *Navicula cryptocephala* Kütz., *Encyonema minutum* (Hilse) Mann. (рис. 5). Но именно *H. amphyoaxis* встречалась чаще других и всегда в хорошем сохранном виде. Водоросли и другие биологические объекты попадают на высокогорные ледники только благодаря воздушному переносу. В общем, воздушный перенос диатомовых впервые был отмечен при изучении арктических льдов. В работах [10-11] было показано, что в слоях арктических льдов находятся как морские виды диатомей, так и их пресноводные сородичи, что является подтверждением их эолового переноса.

Обнаружение водорослей в воздушных массах в районе г. Барнаула вполне оправдано, ведь микроскопические объекты могут быть перенесены как на совсем незначительные расстояния, так и очень большие дистанции. Например, диатомовые водоросли плейстоценовых отложений из пустыни Сахара выпадали

с дождями в Лондоне [12]. Стоматоцисты золотистых водорослей тоже являются хорошими объектами для воздушного переноса ввиду их особенно малых размеров (3-12 мкм) и правильной сферической формы, а также широкой распространенности золотистых водорослей в водоемах различного типа.

К середине июля в пробах атмосферных осадков в районе г. Барнаула уменьшилось как общее количество пыльцы, так и доля пыльцы: сосны –

15,7 % и березы – 7,2 %. При этом в осадках в значительном количестве появилась пыльца трав, в основном злаковых, на долю которых приходилось до 49,4 %, что обусловлено массовым цветением травянистых растений в июле.

В целом, полученные результаты в ходе проведенных исследований атмосферных осадков 2014 г. согласуются с результатами многолетних аэропалинологических наблюдений в г. Барнауле [6].

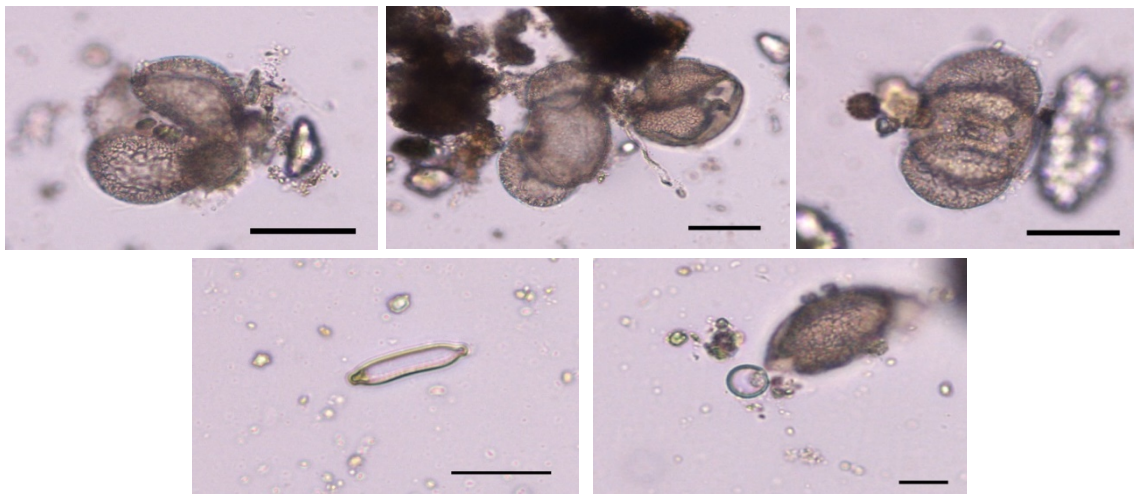


Рис. 4. Пыльца *Pinus sylvestris* L. (верхний ряд), диатомовая водоросль *Hantzschia amphyoaxis* (Ehr.) Grun. (внизу слева) и стоматоциста золотистых водорослей (внизу справа). Масштаб: циста – 10 мкм, остальные – 20 мкм

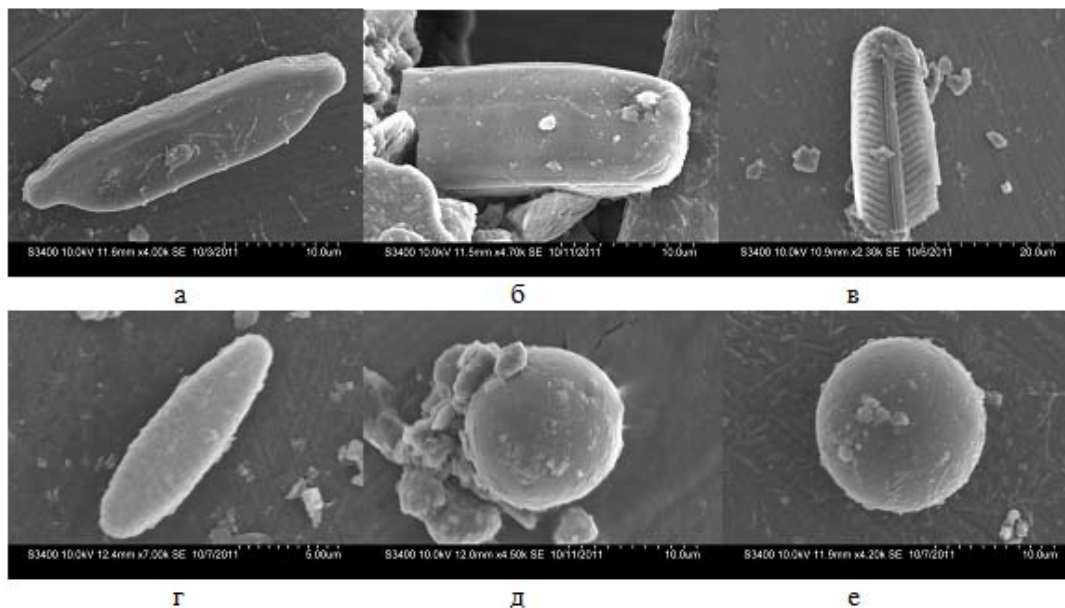


Рис. 5. Диатомовые водоросли (а-г) и цисты золотистых (д, е) из ледникового ядра массива Белухи. Масштаб: а-е – 10 мкм, в – 20 мкм, г – 5 мкм

В воздушном бассейне города присутствует пыльца древесных и травянистых растений с максимальной концентрацией пыльцы березы и сосны, особенно в весенний период и в начале лета. При этом пыльцевая продуктивность этих растений выше, чем у других высших растений. Роль идентифицированной в аэроспектрах пыльцы травянистых растений для города локальна и максимальное влияние оказывает пыльца маревых, злаков и полыни [6], аналогичная картина наблюдается и в пробах атмосферных осадков.

Заключение

Таким образом, впервые получены данные по содержанию и относительному количеству биообъектов в атмосферных осадках, отобранных в г. Барнауле в период с января по сентябрь 2014 г. Выявлено, что появление пыльцы древесных и травянистых рас-

тений в пробах атмосферных осадков соответствует календарю «пыления» высших растений, произрастающих в регионе. Наибольшее количество пыльцевых зерен было отмечено в пробах, отобранных в конце мая, когда в регионе началось массовое цветение сосны, на долю пыльцы которой приходилось 64,8 % от общего количества, а на долю березы – 18,4 %. Впервые в атмосферных осадках района Барнаула выявлены микроскопические водоросли из диатомовых и цисты золотистых. В дальнейшем, при совместном использовании данных по содержанию и относительному количеству биообъектов в атмосферных осадках и траекторий переноса воздушных масс представляется возможным надежная идентификация основных «регионов/источников» пыльцы, а также водорослей, с оценкой масштаба их переноса.

Список литературы

1. Andreae M.O., Rosenfeld D. Aerosol-cloud-precipitation interactions. Part 1. The nature and sources of cloud-active aerosols // *Earth Sci. Rev.* – 2008. – V. 89. – P. 13-41.
2. Poschl U., Martin S.T., Sinha B., Chen Q., Gunthe S.S., Huffman J.A., Borrmann S., Farmer D.K., Garland R.M., Helas G., Jimenez J.L., King S.M., Manzi A., Mikhailov E., Pauliquevis T., Petters M.D., Prenni A.J., Roldin P., Rose D., Schneider J., Su H., Zorn S.R., Artaxo P., Andreae M.O. Rainforest aerosols as biogenic nuclei of clouds and precipitation in the Amazon // *Science.* – 2010. – V. 329. – P. 1513-1516.
3. Prenni A.J., Petters M.D., Kreidenweis S.M., Heald C.L., Martin S.T., Artaxo P., Garland R.M., Wollny A.G., Pöschl U. Relative roles of biogenic emissions and Saharan dust as ice nuclei in the Amazon basin // *Nat. Geosci.* – 2009. – V. 2. – P. 401-404.
4. Despres V. R., Huffman J. A., Burrows S. M. et al. Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review // *Tellus B.* – 2012. – V. 64. – P. 15598.
5. Панина Л.В., Отто О.В., Попова Е.А. Состояние атмосферного воздуха г. Барнаула и метеорологический потенциал очищения атмосферы // Географические исследования молодых ученых в регионах Азии: Мат. молодеж. конф. с междунар. уч-ем (Барнаул-Белокуриха, 20-24 ноября 2012 г.). – Барнаул, 2012. – С. 179-182.
6. Ненашева Г.И. Аэропалинологический мониторинг аллергенных растений г. Барнаула. – Новосибирск, 2013. – 132 с.
7. Энциклопедия Алтайского края. – Барнаул, 2000. – 408 с.
8. Кофф Т., Пуннинг Я.-М. О некоторых закономерностях воздушного переноса пыльцы // *Изв. АН Эстонской ССР. Геология.* – 1985. – 34 (3). – С. 90-98.
9. Егорова И.Н., Дударева Н.В., Коновалов М.С., Казановский С.Г. Водоросли в ассоциациях с мохообразными каменистых субстратов // *Проблемы ботаники Южной*

Сибири и Монголии: Сб. науч. статей по мат. X Междунар. науч.-практ. конф. (24-27 октября 2011 г., г. Барнаул). – Барнаул, 2011. – С. 40-43.

10. Burckle L.H., Gayley R.I., Ram M., Petit J.-R. Diatoms in Antarctic ice cores: some implications for the glacial history of Antarctica // *Geology*. – 1988. – Vol. 16. – № 4. – P. 326-329.

11. Kellogg D.E., Kellogg Thomas B. Diatoms in South Pole: implications for eolian contamination of Sirius Group deposits // *Geology*. – 1996. – Vol. 24. – № 2. – P. 115-118.

12. Росс Р. Эндемизм и космополитизм диатомовых водорослей Великих Африканских озер // *Биосфера: эволюция, пространство и время*. – М., 1988. – С. 142-156.

POLLEN AND ALGAE IN PRECIPITATION AT BARNAUL CITY

E.Yu. Mitrofanova¹, N.S. Malygina¹, N.A. Ryabchinskaya², G.I. Nenasheva²

¹*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, E-mail: emit@iwep.ru*

²*Altai State University*

The results of study of precipitation sampled in Barnaul city from January to September 2014 to detect various biological objects were presented. It was noted that the occurrence of tree, shrub and grass pollen in precipitation samples corresponded to the «dusting» calendar in the region: the maximum number of pollen grains were observed in the end of May during pine (up to 64,8 % of the total pollen number) and birch (18,4 %) flowering. The diatoms and cysts of chrysophycean algae were found for the first time in precipitation at Barnaul.

Keywords: pollen, diatom and chrysophycean algae, precipitation, Barnaul city.