

Использование данных ДЗЗ для оценки сухого осаждения аммиака в Приморском крае

Трифонова-Яковлева А.М. (yakovleva.eanet@gmail.com), Громов С.А.

Институт географии РАН, Москва, Россия
Институт глобального климата и экологии им. Ю.А.Израэля

Аммиак в атмосфере участвует в образовании мелких частиц PM2.5, вредных для здоровья человека, а также является одной из причин выпадения кислотных осадков. Сухое осаждение аммиака также оказывает негативное влияние на экосистемы. Данные наземного мониторинга потоков сухого осаждения NH₃ недостаточно для получения полной пространственной картины. Поэтому использование результатов дистанционного зондирования вместе с параметризацией осаждения дает возможность получить оценку выпадения аммиака на большой территории.

В данной работе оценены потоки осаждения NH₃ на территории водосбора реки Каменушка в Уссурийском крае за 2016 год. Для расчета скорости осаждения использован алгоритм, приведенный в описании транспортной химической модели программы EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme). Необходимые метеорологические параметры получены из данных реанализа ERA5, а индекс LAI (Leaf Area Index) взят из измерений прибора AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Общее содержание аммиака в атмосфере по данным прибора IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) пересчитано к приземным концентрациям и сравнено с приземными измерениями в районе Каменушки.

Оценка сухого осаждения аммиака за 2016 год проводится для территории водосбора реки Каменушка, расположенной в Уссурийском городском округе Приморского края.

Опробована возможность использования данных ДЗЗ для оценки сухого осаждения аммиака. Результаты расчетов сравнены с расчетами с использованием наземных измерений на Приморской. Показаны преимущества и недостатки использования данных ДЗЗ.

Алгоритм расчета сухого осаждения

Для расчета сухого осаждения использовался алгоритм, описанный для модели EMEP (European Evaluation and Monitoring Programme). Алгоритм основывается на оценке скорости осаждения через три вида сопротивлений: аэродинамическое (R_a), квазиламинарное (R_b^i) и поверхностное (R_c^i). Последнее является наиболее сложным и учитывает как непосредственное осаждение, так и взаимодействие с растительностью, которое зависит от ряда параметров (положение солнца, вегетационный период и т.д.). Осаждение NH₃ тесно связано с количеством диоксида серы в атмосфере, так что содержание SO₂ тоже учтено в алгоритме. Рассчитанная скорость осаждения умножается на концентрацию аммиака, в результате чего получается поток осаждения и суммарное осаждение.

Данные	Источник
Температура верхнего слоя почвы	ERA5 реанализ
Скорость трения	ERA5 реанализ
Относительная влажность	Измерения на станции EANET
Влажность почвы	ERA5 реанализ
Приземная температура	Измерения на станции EANET
Давление у поверхности	ERA5 реанализ
Облачность	ERA5 реанализ
Солнечный зенитный угол	Рассчитан
Leaf area index	Прибор AVHRR (https://www.ncei.noaa.gov/data/avhrr-land-leaf-area-index-and-fapar/access/)
NH ₃ (приземная концентрация)	Восстановлены по данным IASI
SO ₂ (приземная концентрация)	Измерения на станции EANET

Результаты

- В зимние месяцы содержание аммиака, восстановленное по данным IASI, отрицательно (связано с особенностями алгоритма восстановления) и не может быть использовано для расчета потоков осаждения. Однако согласно расчетам, скорость осаждения зимой значительно меньше скорости осаждения в остальные сезоны (это связано с сезонным ходом концентраций аммиака, с увеличением скорости осаждения при взаимодействии с растительностью, согласно алгоритму). Поэтому неучет в зимние месяцы не является критическим, так как максимум скорости достигается в теплое время года. Когда спутниковые данные более точны.
- Скорость осаждения, рассчитанная с помощью данных ДЗЗ, сравнима с оценками скоростей сухого осаждения аммиака в других источниках, а также незначительно отличается от скорости по данным на Приморской.
- Поток осаждения, оцененный по данным IASI, в соответствии со скоростью осаждения, максимален в теплое время года. Наличие отрицательных значений снова связано с особенностями алгоритма восстановления.
- Суммарное осаждение, рассчитанное по приземным измерениям на станции Приморская, в зимние месяцы за 2016 год составляет около 10% от общего осаждения. Предполагая, что это отношение справедливо и для данных ДЗЗ, оценивается суммарное осаждение за весь год

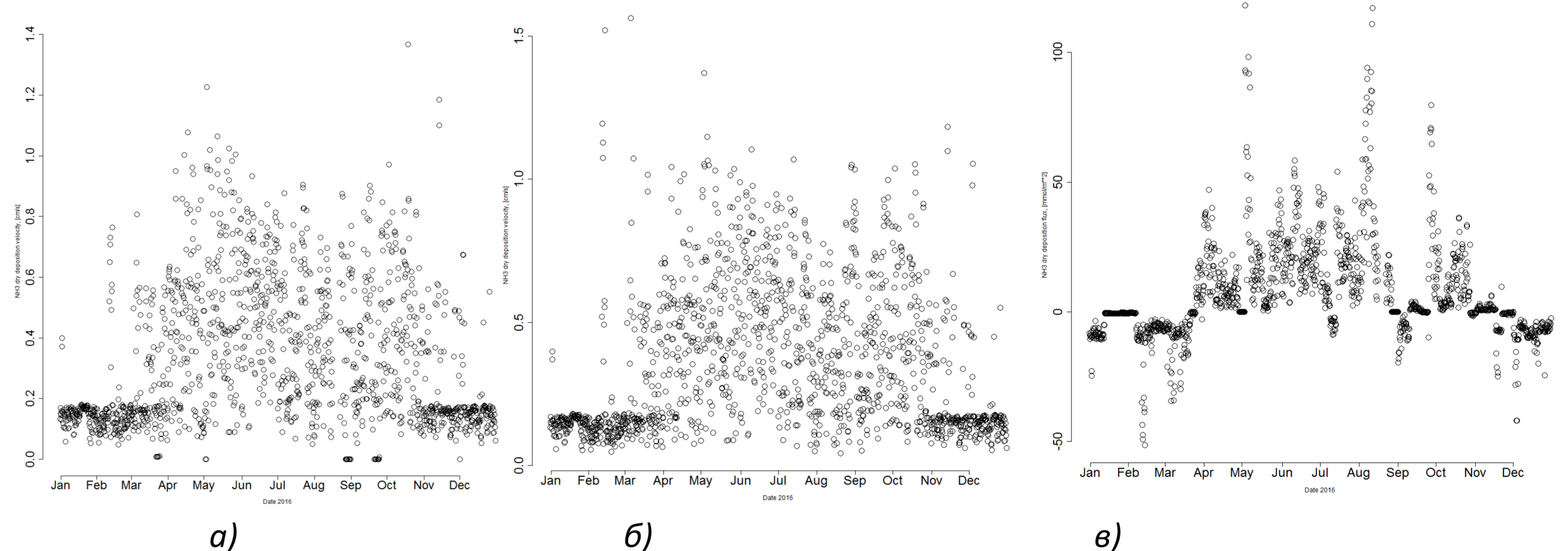
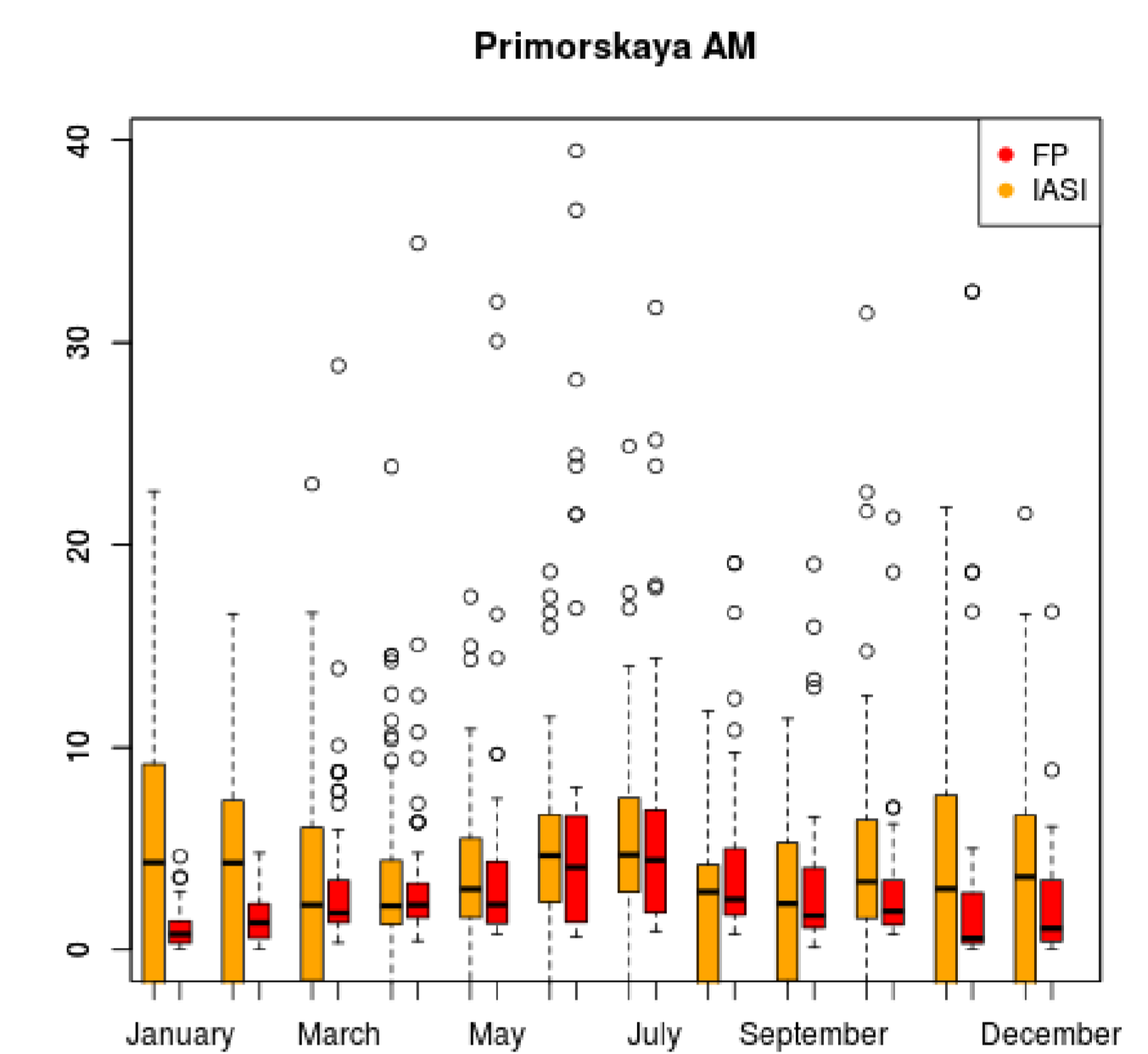
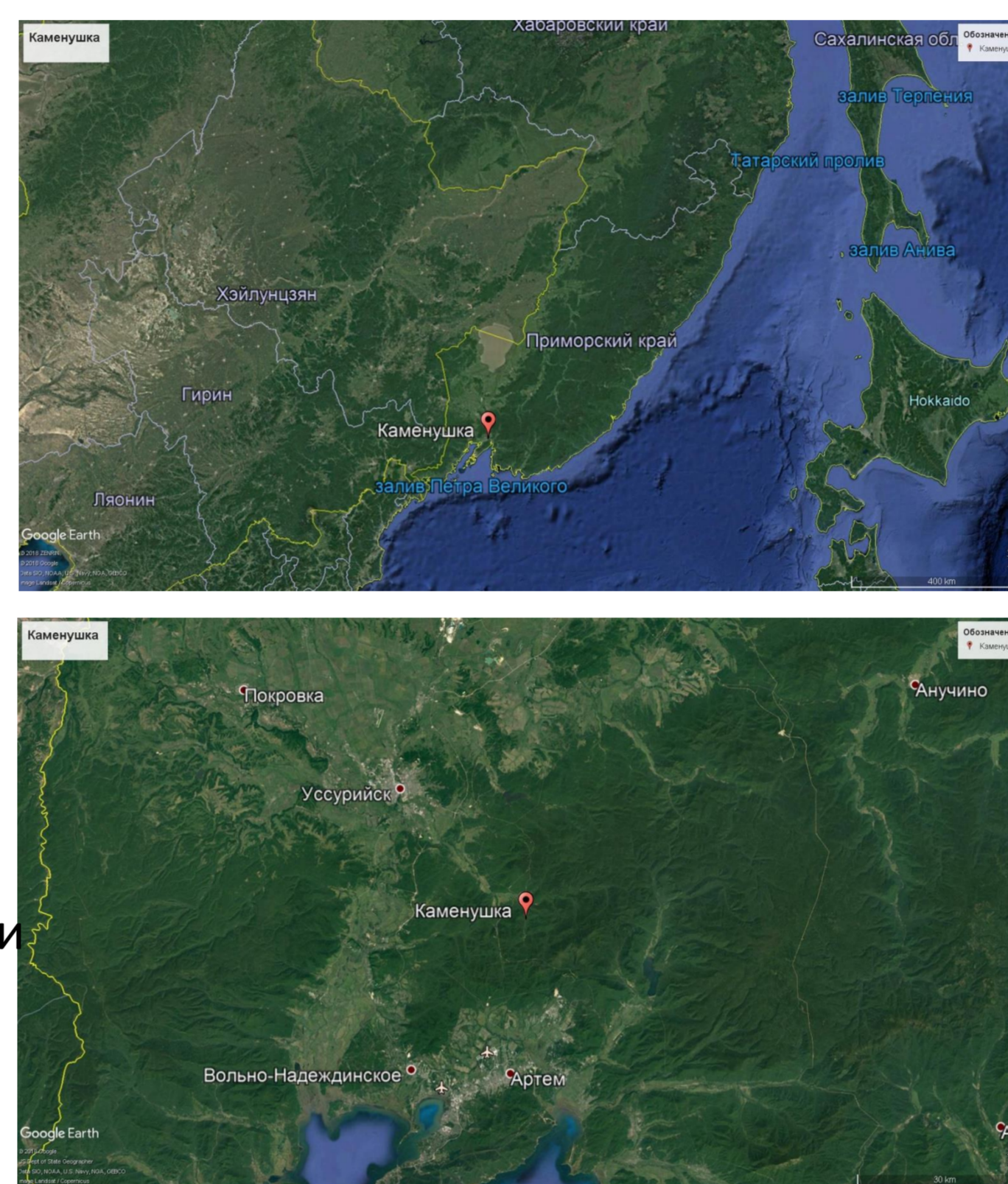
Выводы

- Спутниковые данные могут быть использованы для оценки сухого осаждения на большой территории с учетом ограничений;
- Мгновенные значения могут иметь большую погрешность в случае низких концентраций, или даже быть отрицательными, поэтому предпочтительнее использовать осредненные значения;

Данные

EANET: станция Приморская сети мониторинга кислотных выпадений в восточной Азии (EANET) осуществляет регулярный непрерывный мониторинг загрязняющих веществ с 2000 года. Измерение содержания аммиака проводится с помощью фильтра с двухнедельной экспозицией.

IASI: прибор IASI на борту спутника MetOp-A с солнечносинхронной орбитой осуществляет измерения в ИК диапазоне. С помощью нейронной сети по данным этих измерений восстановлено общее содержание аммиака в столбе атмосферы, которое затем пересчитано к приземной концентрации с помощью предположения о вертикальном распределении.



- а) Скорость сухого осаждения, рассчитанная по данным IASI
- б) Скорость сухого осаждения, рассчитанная по данным EANET
- в) Потоки сухого осаждения за каждые 6 часов, рассчитанные по данным IASI

Табл. Сравнение основных характеристик расчетов по данным наземных и спутниковых наблюдений

	Станция Приморская	IASI
Средняя скорость осаждения, [см/сек]	0.4	0.4
Суммарное осаждение (без учета зимы), [ммоль/м ²]	11.11	13.13
Суммарное осаждение за весь год, [ммоль/м ²]	12.38	14.59

Литература

- Frederik Schrader, Christian Brümmner. *Land Use Specific Ammonia Deposition Velocities: a Review of Recent Studies (2004–2013)*, Water, Air, & Soil Pollution, 2014, 2114, DOI: 10.1007/s11270-014-2114-7
- EANET Third Periodic Report on the State of Acid Deposition in East Asia (Part III) (Executive Summary) // Acid Deposition Monitoring Network in East Asia. 2016. https://www.eanet.asia/wp-content/uploads/2019/03/3_ex.pdf
- Van Damme M., Whitburn S., Clarisse L., Clerbaux C., Hurtmans D., Coheur P.-F. Version 2 of the IASI NH₃ neural network retrieval algorithm: near-real-time and reanalysed datasets // Atmos. Meas. 2017. Tech. Vol. 10. P. 4905–4914. <https://doi.org/10.5194/amt-10-4905-2017>
- Simpson, D., Benedictow, A., Berge, H., Bergström, R., Emberson, L. D., Fagerli, H., Flechard, C. R., Hayman, G. D., Gauss, M., Jonson, J. E., Jenkin, M. E., Nyíri, A., Richter, C., Semeena, V. S., Tsyro, S., Tuovinen, J.-P., Valdebenito, Á., and Wind, P.: The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description, Atmos. Chem. Phys., 12, 7825–7865, <https://doi.org/10.5194/acp-12-7825-2012>, 2012