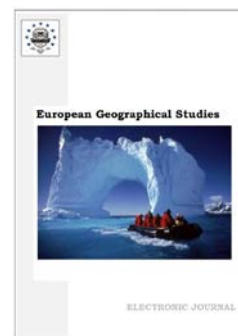


Copyright © 2025 by Cherkas Global University



Published in the USA
European Geographical Studies
Issued since 2013.
E-ISSN: 2413-7197
2025. 12(1): 26-56

DOI: 10.13187/egs.2025.1.26
<https://egs.cherkasgu.press>



The Plastisphere as an Evolutionarily New Geospheric Shell and a “Biogeochemical Reactor” of the Technosphere (Introductory Methodological Review)

Oleg V. Gradov ^{a, *}, Yurii V. Zhulanov ^b, Pavel Yu. Makaveev ^b, Mikhail K. Filippov ^a

^a Semenov Institute of Chemical Physics RAS, Moscow, Russian Federation

^b Karpov Institute of Physical Chemistry, Moscow, Russian Federation

Abstract

In this brief introductory review, we provide a basic understanding level/basic principles of the biogeography, geoecology/hydroecology, and geochemical role of the plastisphere and the species diversity of microorganisms in the plastisphere. The final section of the article presents a number of experimental approaches and photographs of the instruments used to study it. The technical part of this review is based on the groundwork of a 2018 workshop on microplastic analysis methods, prepared for demonstration at the Institute of Physical Chemistry/Physicochemical Institute in Moscow (however, without using outdated references). Unfortunately, this work could not be implemented due to the closure of the Moscow base of this institute. However, the general philosophy of this research not only remains relevant today (given the increasing technical capabilities of modern science) but is also becoming increasingly relevant as microplastic pollution of the biosphere increases and the microbiota evolves in the face of climate change. In shortened and terminologically simplified version, this elementary review may be useful to readers, starting with junior students.

Keywords: plastisphere, microplastic, technosphere, geomicrobiology, geoecology, hydroecology, micro-particle analyzer, EPMA.

1. Пластисфера как новая эволюционная геосферная оболочка планетарного масштаба.

Общеизвестно, что пластисфера является очередной геосферной «оболочкой» планетарного масштаба, в которой на инертном плохо разлагаемом органическом веществе существуют микроорганизмы (био пленки (Di Pippo et al., 2022; Yu et al., 2023)) и целые экологические сообщества. Ключевым понятием в развитии пластисферы является микробиологическая колонизация поверхности пластика (“microbial colonization”, “bacterial colonization” (Agostini et al., 2021; Kelly et al., 2022; Stevenson et al., 2023; Zhai et al., 2023; Silva et al., 2023)). Разнообразие сообществ и взаимодействий на колонизированных поверхностях пластика и с окружающей средой позволяет говорить об экологии пластисферы (Amaral-Zettler et al., 2020; Nguyen et al., 2023). Стабильность по составу подложек – пластиков приводит к возможности проявления постоянства трендов эволюции микроорганизмов в данной среде, в силу чего для каждого типа сред нахождения соответствующего пластика формируется стабильная ниша (Yokoyama et al., 2023), в которой процессы эволюции микроорганизмов идут в одном направлении, закрепляя в отборе

* Corresponding author

E-mail addresses: geochemicalphysics@gmail.com (O.V. Gradov)

комплексно формирующиеся особенности физиологии микроорганизмов, оптимальные для разложения данного пластика (Delacuvellerie et al., 2022; Chen et al., 2024). Вместе с тем, идёт дивергенция между специализированными для разных химически составов пластика линиями микроорганизмов.

Одним из классических примеров эволюции в пластисфере является изменение и, как правило, усиление антибиотикорезистентности микроорганизмов пластисферы (Junaid et al., 2022). Отсюда понятно, что методы анализа и контроля/мониторинга данных сообществ относятся не к геномике отдельных видов, а к метагеномике всего сообщества и к метатранскриптомике пластисферы (Wu et al., 2022) (относительно применимости нанопоровых технологий секвенирования для метагеномов мы писали в (Maklakova et al., 2021; Adamovich, Gradov, 2024)). Кроме того, они должны учитывать факторы среды, по отношению к которым идет отбор, в том числе абиотические и ксенобиотические, к которым относятся, если трактовать термин широко, перманентные токсикологические и фармакологические загрязнения (например – органические факторы эвтрофикации или постоянно аккумулируемые в биосфере антропогенные органические стоки (Lin et al., 2024)).

2. Биоразнообразие и биогеографическое разнообразие пластисферы

Следует отметить, что в состав пластисферы входят не только бактерии на пластике в почве или гидросфере (Luo et al., 2022). Нужно анализировать пластисферу как геосферную оболочку во всей полноте сообществ, межвидовых и межтаксонных взаимодействий (Amaral-Zettler et al., 2021; Žuna Pfeiffer et al., 2022).

В составе пластисферы в гидросфере находят фитопланктон и зоопланктон (Cheng et al., 2021; Balkić et al., 2022). В последнее время всё громче звучат призывы учета диатомовых водорослей пластисферы и макроскопических беспозвоночных (Taurozzi et al., 2023). В состав почвенной пластисферы входят также обитатели ризосферы (Ran et al., 2024), не исключая (но и не ограничиваясь ими) клубеньковых бактерий-азотфиксаторов и простейших, обитающих на интерфейсе между пластиком и средой в межвидовых сообществах на поверхности мульчи (Luo et al., 2022; Wang et al., 2023; Li et al., 2024). Одни таксоны организмов могут считаться специфическими только для почвенной или только для водной пластисферы, а другие могут быть и водными, и наземными. Например, различные грибы и слизевики в пластисфере встречаются не только в почве, но и в речной и прибрежной зоне (Pietrelli et al., 2017; Xue et al., 2021). Очевидно, что вирусы и плазмиды, встречаясь у разных бактерий (не только бактериофаги), могут встречаться в пластисфере пресноводных, соленоводных, почвенных, эдафологических и других мест обитания (Li et al., 2022; Kutralam-Muniasamy et al., 2024) (почвенная пластисфера – «soil plastisphere» – с биогеографических позиций, представляет собой частный случай наземной пластисферы – «terrestrial plastisphere» (MacLean et al., 2021; Rillig et al., 2024)).

В настоящее время часто выделяют следующие типы или биотопы водных пластисфер (в силу различий, как биохимических, так и биогеохимических, между микробными сообществами пресноводных и морских экосистем (Wen et al., 2020; Dey et al., 2022)):

- Пресноводная пластисфера (freshwater plastisphere) (Barros, Seena, 2021; Song et al., 2023; Xu et al., 2024; Bocci et al., 2024), в том числе речная пластисфера (Zadjelovic et al., 2023; Xu et al., 2023; Silva et al., 2024) и специфически выделяемая из-за антропогенного загрязнения речная пластисфера урбанизированных местностей (Zhu et al., 2023).

- Пластисфера дождевой воды и воздействия дождевых вод на пластисферу рек, озер, морей и океанов, искусственных водохранилищ и т.д. (см., напр. (Wu et al., 2023)).

- Морская пластисфера (Zettler et al., 2013; Du et al., 2022; Barbe et al., 2024; Lacerda et al., 2024) (в которой отдельно выделяют пластисферу мелководья (Tigreros-Benavides et al., 2024), а в принципе можно было бы выделить также пластисферу пелагиали, пластисферу абиссали и т.д.).

- Озёрная пластисфера и пластисфера озёрных отложений (Yang et al., 2023).

- Пластисфера эстуариев (Forero-López et al., 2022; Sosa, Chen, 2022; Su et al., 2022; Sérvulo et al., 2023).

- Пластисфера побережий и пляжей (Chaimusik et al., 2024).

И т. д.

К гибридным дисперсным или soft mater carrier based «биотопам» пластисферы относят

- Седиментологические формы пластисферы, в том числе на пластиковом дебрисе в пределах маршевых отложений (Rosato et al., 2022; Koh et al., 2023)).

- Пластисферу техногенных и антропогенных муниципальных стоков и пластисферу свалок твердых бытовых отходов (Lin et al., 2023; Ye et al., 2024).

- Пластисферу заболоченных местностей (эдафологическая пластиомика – недоизведанная отрасль, но в целом ряде заболоченных и антропогенно загрязненных местностей на территории Евразии она может найти себе применение).

Как дорожную карту развития исследований в области пластисферы, различных по биогеографической локализации исследований можно использовать не более десятка современных пропозициональных работ (в качестве примера можно привести (Dąbrowska, 2021)).

В действительности, определение биотопов пластисферы требует учета биогеографических условий, так как биотопы арктических морей неэквивалентны южным морским или средиземноморским биотопам, равно как и наземные биотопы пластисферы в области вечной мерзлоты и таликов отличаются от биотопов криозоны в области Антарктиды. Микробы, деградирующие пластик, в Арктике и в Альпах существенно отличаются (Rüthi et al., 2023). Морские биотопы пластисферы зависят от солености воды и нередко бывают в большей степени похожи на пресноводные биотопы. В то же время в некоторых солевых озерах галофильные виды делают формирующиеся микробные сообщества похожими на морские. Известно явление зависимости биodeградируемости микропластика от местоположения на линии «пресные воды – морские воды» (Zhou et al., 2023).

В то же время, известно влияние климата на формирование биотопов пластисферы. Глобальное потепление климата как тренд, несомненно, влияет на изменение видового состава биопленок и биотопов пластисферы, а также на состав выделяемых при биоразложении пластика в соответствующих условиях летучих и нелетучих продуктов (Ji et al., 2022). Однако и одиночные климатические события (ураганы, снежные заносы, экстремальная жара, наводнения) рассматривают как немаловажный фактор для эволюции пластисферы (Karkanorachaki et al., 2023). Примером таковых событий, имеющих чётко прослеживаемые механизмы воздействия на микробиоту пластисферы, может быть активируемое турбулентностью тайфуна перераспределение микропластика, приводящее к реформированию микробных сообществ пластисферы (Chen et al., 2021). В рамках теории катастроф можно обобщить этот результат на многие и разноплановые по происхождению факторы, в результате которых или после которых микробное сообщество проходит точку бифуркации и качественно изменяет свой метаболический и микрoэкологический профиль.

3. Геохимическая и аэрохимическая активность пластисферы

Геохимическая и аэрохимическая активность пластисферы включает в себя азотный метаболизм микробов и биогеохимические циклы азота (Huang et al., 2024), фосфора (Song et al., 2024), углерода (Kirstein et al., 2019; Cornejo-D'Ottone et al., 2020; Shan et al., 2023)), а также биоаккумуляцию металлов в пластисфере (Tarchi et al., 2023; Lenoble et al., 2024). В силу наличия активности в области микрочастиц металлов, включая железо, логично говорить о возможности протекания фото-фентон-процессов на поверхности микропластика и иных элементов пластисферы при открытом их экспонировании, в том числе в океане (Lu et al., 2024). Точнее геохимическая активность пластисферы может быть рассмотрена через призму активности ионных каналов (Gradov, 2016a; Александров, Градов, 2017; Gradov, 2018) или анализ расширенного фенотипа микроорганизмов соответствующих местообитаний (Gradov, 2016b).

4. Константна ли граница биodeградируемых и небиodeградируемых пластиков в пластисфере?

Известны био пленки и другие проявления пластисферы на таких широко распространенных пластике (как продуктах нефтехимического синтеза (Pang et al., 2023), так и биопластике, сгенерированных микроорганизмами, таких как полигидроксibuтират), как:

- полиэтилен (Delacuvellerie et al., 2019; Joshi et al., 2022; Wang et al., 2023; Zhang et al., 2023);
- полипропилен (Sun et al., 2023);
- полиэтилентерефталат (Wright et al., 2021);
- полистирол (Poeta et al., 2017);
- полиуретан (Park et al., 2023);
- полибутилен сукцинат и сукцинат-ко-адипат полибутилена (Kimura et al., 2023; Tanunchai et al., 2023);
- полигидроксиалканоаты, в частности – полигидроксибутират (Vannini et al., 2021);
- полибутиленадипаттерефталат и его бленды с полилактидом (Chen et al., 2023);
- нейлон (Collins et al., 2023).

Можно видеть, что речь идёт как о биodeградируемых полимерах, так и об обычных пластиках (Jacquin et al., 2019; Behera, Das, 2023).

Впрочем в данном случае вопрос принадлежности пластиков пластисферы следует относить к числу нерешенных. И каждое новое сообщение о нахождении новых ферментов, способствующих биodeградации пластика в пластисфере (Frey et al., 2024), дальше сдвигает границу этой неопределенности или расширенной трактовки (особо, если исходить впоследствии из метагеномики, позволяющей понять потенциал биоразложения конкретных многовидовых сообществ, сложившихся в конкретных условиях (Saleem et al., 2023)). Сдвигает границы между неразлагаемыми и биоразлагаемыми материалами в пластисфере также и пластиомика ("plastiomics") – наука о пластиоме ("plastiome" = plastisphere-enriched mobile resistome (Guruge et al., 2024)); одна из новых мультиомиксных наук, приводящих в перспективе к полному анализу микробного разнообразия пластисферы и мультиомиксной характеристике биodeградации и связанной с ней сукцессии в многовидовых сообществах (Wright et al., 2021a; Tiwari et al., 2022). Как известно, в пластики часто закладывают компоненты, резистентные по отношению к биоразложению или антимикробные по сути. В результате же эволюции, упомянутой в начале статьи, происходит отбор микроорганизмов пластисферы по критерию резистентности к данным факторам (Stevenson et al., 2024) и выработка совокупности генов резистентности к данным добавкам – (т.н. "resistome"). Поэтому в настоящее время адаптация микроорганизмов к распространению в пластисфере обычно также рассматривается как путь к появлению в окружающей среде резистентных штаммов (Zagui et al., 2022). В частности, из этого следует, что следующие поколения и новые штаммы микроорганизмов будут разлагать резистентные к более ранним формам и габитусам (как коррелятам экониш и изменяющихся условий среды (Xie et al., 2023)) тех же микроорганизмов материалы! Таксономические границы биоразложения будут стремительно меняться с эволюцией пластисферы, отдельных штаммов и видов микроорганизмов и микробных сообществ в ней.

5. Пластисфера почв

Теперь перейдём к почве и действию микрофлоры из почвенной пластисферы на биоразложение пластиков в ней. Мы не будем ограничиваться бактериями – так как в биоразложении принимают существенное участие и почвенные грибы. В наших ранних работах с использованием лабораторий на чипе или оптофлюидных сенсоров с полимерным покрытием, погружаемым в почву, мы установили, что в ходе биоразложения качество изображения на погружном сенсоре меняется, в силу разложения полимера или воздействия микроорганизмов и среды на полимер. Позже мы пытались подойти к задаче исследования этого эффекта с позиций масс-спектрометрического (для обеспечения "omics approach") или иного локализованного химического анализа (Jablokov et al., 2017; Jablokov et al., 2018; Orekhov, Gradov, 2022; Orekhov, Gradov, 2023), однако же нами была допущена ошибка в конструкции чипа – оказалось, что полимер в гибридных чипах ионизируется под лазерным пучком и искажает результаты эксперимента. Поэтому необходимо создание чипов, которые в своей конструкции не содержат никаких иных полимеров (ни в форме адгезивов, ни в форме герметиков, ни в форме красящих или защитных покрытий), если мы хотим точно исследовать именно биodeградацию либо почвенно-геохимическую деградацию конкретных полимеров в почвенной пластисфере.

Пластисфера почв, вероятно, является наиболее изученной частью глобальной пластисферы (Rillig et al., 2024). Для неё найдены оптимальные методы исследования, выявлены воздействия различных факторов и экологических условий, реализована полная или почти полная биогеохимическая расшифровка механизмов организующих и обеспечивающих функциональность микробиоты пластисферы в почве, исследованы видовые роли и распределения различных по функциональности организмов-деструкторов на интерфейсах абиогенного и биокосного вещества (rare and abundant microorganisms between plastisphere and soils) (Sun et al., 2022; Wanget al., 2022). Изучены редокс-процессы и эффекты pH и Eh on shaping plastisphere bacterial communities in soil, в том числе в зависимости от содержания микроэлементов и химических контаминантов в почве (Li et al., 2021).

В случае почвенной пластисферы исследованы множественные эффекты действия тяжелых металлов и дезинфектантов на антибиотикорезистентность почвенных микроорганизмов и сообществ пластисферы (Xiang et al., 2022; Ni et al., 2024). Они исследованы не только для микроорганизмов, но и для мезофауны почвы. В связи с этим, данные эффекты могут считаться наиболее предсказуемыми, по отношению к биогеохимическим эффектам для экзотических биотопов, а почва может считаться естественной лабораторией или биополигоном для отработки навыков работы с экологическими, биогеохимическими и материаловедческими (биodeградация) аспектами пластисферы (если не принимать во внимание размывающие смысл концептуальные обобщения уровня "continental-scale microcosm" (Sun et al., 2024)).

В конкретных случаях, имеющих практическое значение, в почве разлагаются вполне конкретные полимеры или композиты известного происхождения – от техногенного (т. е., по умолчанию, исходно не содержащего патогенной микрофлоры) до антропогенного генеза (например, накопившиеся за время пандемии COVID в почве маски и респираторы, потенциально содержащие бактерии из выдоха человека (Li et al., 2023; Cheng et al., 2024; Gradov, 2025), а также специальные фильтры инфекционных медучреждений). Пористые и волокнистые, в том числе нетканые материалы являются в этом аспекте сборщиками для микробиома почвенной пластисферы (Rohrbach et al., 2023), но их эффективность сильно зависит от свойств материала, включая измеримую пористость (Grigorieva et al., 2021; Grigorieva et al., 2022; Grigorieva et al., 2023; Grigorieva et al., 2025; Maklakova et al., 2021), так как размеры пор должны соответствовать размерам микроорганизмов и быть не меньше их.

Нередко в почве после мульчирования находятся небиodeградируемые фрагменты микропластика (Li et al., 2024). В некоторых случаях даже потенциально биоразлагаемые компоненты не смогут быть разложены, в силу несоответствия размерам возможной колониеобразующей единицы размеров остающегося стабильного островка полимера или композита (Zhao et al., 2023). В некоторых случаях в почве могут обнаружиться (или быть в нее специально заложены в ходе удобрения почв) также фрагменты, способные к постепенному высвобождению определенных химических агентов (Tian et al., 2024).

6. Важность имэджинговых и мэппинговых исследований и методов микроскопии для характеристики объектов пластисферы

Из вышеизложенного следует, что характеризацию объектов пластисферы следует производить дискретно и с геодезической привязкой в биолого-географическом аспекте и с пространственно-временной метрикой в ходе исследования климатических и метеорологических влияний на пластисферу. Более того, из вышеизложенных теоретических и библиографических предпосылок следует необходимость внедрения микроскопических или, корректнее, микроаналитических методов высокого разрешения (включая MALDI imaging или конфокальную рамановскую микроскопию) в исследования пластисферы и продуктов её биологической и/или экологической активности.

Действительно, ещё пять лет назад в классической статье задан вопрос: «Кто есть где в пластисфере?» («Who is where in the Plastisphere?») (Arias-Andres et al., 2020). Ответить на него без высокоразрешающих (или же позиционно-чувствительных) биогеографических и химико-экологических карт (беспрецедентного для других биотопов разрешения – из-за малости объектов исследования и их локализации, например - на частицах микропластика) не представлялось бы возможным.

Если говорить о микропластике и иных объектах пластисферы, то нужно также понять когда он выступает как ресурс для роста (то есть биodeградируется), а когда выступает только лишь как подложка, на которой растут микроорганизмы, питаясь совсем другими ресурсами окружающей среды (вопрос «Пищевой ресурс или только бесплатное средство для путешествий» – "Food or just a free ride?" – актуальный как для одиночных частиц либо фрагментированных пленок пластика, так и для пластисферы в целом (Wright et al., 2021b)).

Известное явление пространственного перекрытия областей жизни или ареалов основных и случайных таксонов в пластисфере также затрудняет возможность точной позиционно-чувствительной идентификации функций/биохимических ролей микроорганизмов в микробном сообществе и многослойных пленках пластисферы (Zhang et al., 2022). Происходящая в пространстве-времени сукцессия видов в многовидовом микробном сообществе, сообразно изменяющимся условиям среды (климатическим или субстратным, в том числе по мере трансформации при биоразложении многослойных или многокомпонентных композитов, в том числе - фрагментов ламинатов и армированных небiodeградируемыми компонентами биопластиков), требует пространственно-временного и кепстрального анализа микробных сообществ пластисферы и их потенциала для биodeградации пластиков (Miao et al., 2023). В последнем случае в популяциях или микробных сообществах могут происходить как дивергентные процессы, так и процессы конвергенции в процессе сукцессии и перекрытия областей существования/микроареалов (Wu et al., 2024; Zhang et al., 2024).

По этой причине в последнее время много авторов выступают за картирование и изджинг микроскопических микробных сообществ на пластике, в частности на морском пластике для установления пространственной структуры пластисферы (Schlundt et al., 2020).

7. Низкобюджетные методы.

По аналогии с анализом вклада геоморфологии и ландшафта в эволюцию на макроскопическом уровне, в случае микробных сообществ представляется возможным анализ вклада геометрии поверхности/микрорельефа/микрошероховатости и/или наношероховатости микропластика на эволюцию микробных сообществ (Dąbrowska et al., 2021). Многие авторы (как правило, с лучшим техническим оснащением лабораторий) говорят не только об имиджинге образцов пластисферы, но и о микроанализе, вплоть до локального стабильно-изотопного анализа and nanoSIMS single-cell imaging для определения колонизаторов пластисферы, по крайней мере, в почвенных условиях (Xiang et al., 2024).

Большим, как правило, коллаборативным (то есть "межведомственным") коллективам автором доступны не только исследования одиночных образцов на микроуровне, но и создание баз данных, соотносящих подобные исследования микрообразцов с географическими картами их локализации и метагеномными репрезентациями эволюции микробных сообществ. Высшим пилотажем считается анализ воздействия микробных сообществ с пластисферы на результаты поглощения микропластика другими видами живых организмов, различающихся по динамической локализации и картам миграций, биогеографическим и трофическим характеристикам. Как пример последнего подхода можно предложить новейшую работу по вкладу микропластика и ассоциированной с ним микробиоты пластисферы на физиологические и биохимические характеристики, а также паттерны экспрессии генов фильтрующих морскую воду ланцетников (Cheng et al., 2023). Очевидно, что подобные работы возможны также и для всех организмов-фильтраторов. Со временем таких работ, очевидно, будет появляться всё больше и больше. Но утверждение это верно только для лабораторий, имеющих достаточно современное оснащение.

Большинство российских и постсоветских лабораторий не обладает высокоуровневой техникой для данных целей. Возникает вопрос: как организовать анализ микропластика и микроорганизмов пластисферы на нем в низкобюджетных условиях? Очевидно, что в этом случае надо задействовать возможности конструкторских бюро (где они еще остались на территории институтов), мастерских (где они еще остались на территории институтов) и центров коллективного пользования (где они еще остались на территории институтов). В качестве примера предлагается proposal, который позволял производить подобные работы еще до «вхождения в моду» тематик по исследованию пластисферы в 2010-е гг. в НИФХИ

(московская база которого была ликвидирована и утилизирована на рубеже 2010–2020-х гг., а некоторые здания уже снесены).

Нами предлагалась для этого интеграция методов:

1. Лазерного анализа микропластика и наннопланктона в жидкости в проточных кюветах, предназначавшихся изначально для океанографических экспедиций (данная техника была разработана в конце прошлого века Ю.В. Жулановым с соавторами), как это показано на [Рисунке 1\(а-е\)](#) (впоследствии предлагалась и почти дошла до имплементации её адаптация для цитометрии ([Zhulanov et al., 2018](#)));

2. Сканирующей электронной микроскопии с анализом микрочастиц пластика и биогенных структур (в том числе известкового наннопланктона) на микрозонде на базе JEOL JSM-35CF с анализатором микрочастиц с «бинаризатором», то есть дискриминатором видеосигнала по амплитуде для выделения контуров и определения геометрических границ частиц микропластика (см. [Рисунок 2](#)); при этом уже в начале 2019 года (то есть незадолго до закрытия московской базы НИФХИ) предлагалось использовать для оцифровки систему П.Л. Александрова ([Alexandrov et al., 2025](#));

3. Корреляционно-спектрального анализа изображений микрочастиц пластика и наннопланктона для различения первых от вторых, а также анализа текстуры поверхности микропластика методами корреляционно-спектрального анализа (это было впоследствии реализовано не на JEOL JSM-35CF и опубликовано в недавних статьях, аргументационная часть которых перекрывается с настоящей просветительской статьёй ([Aleksandrov et al., 2025](#); [Gradov et al., 2024](#); [Gradov et al., 2025](#))).



Рис. 1а. Пример проточной кюветы макета лазерного счетчика-анализатора океанских гидрозоль (взвесей) конструкции Ю.В. Жуланова



Рис. 16. Пример проточной кюветы макета лазерного счетчика-анализатора океанских гидрозоль (взвесей) конструкции Ю.В. Жуланова



Рис. 1в. Пример проточной кюветы макета лазерного счетчика-анализатора океанских гидрозоль (взвесей) конструкции Ю.В. Жуланова.



Рис. 1г. Пример проточной кюветы макета лазерного счетчика-анализатора океанских гидрозоль (взвесей) конструкции Ю.В. Жуланова

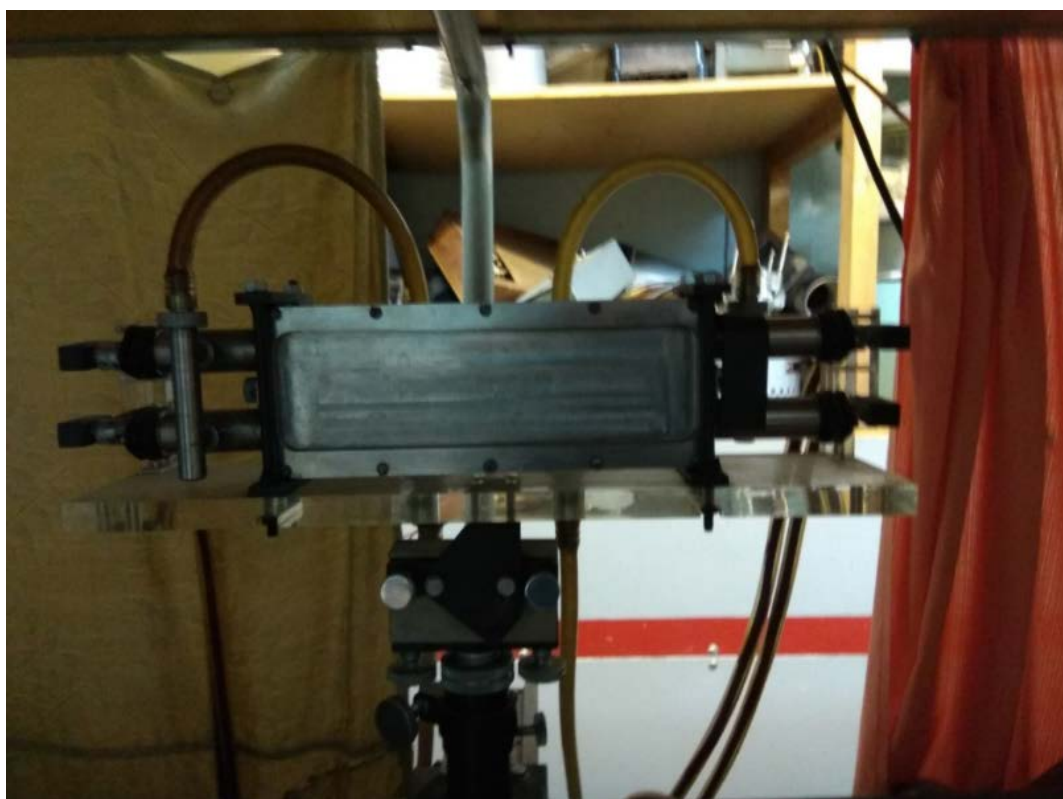


Рис. 1д. Пример проточной кюветы макета лазерного счетчика-анализатора океанских гидрозоль (взвесей) конструкции Ю.В. Жуланова



Рис. 1е. Пример проточной кюветы макета лазерного счетчика-анализатора океанских гидрозоей (взвесей) конструкции Ю.В. Жуланова



Рис. 2а. Анализатор микрочастиц JEOL MICRO-PARTICLE ANALYZER с настраиваемыми уровнями аналогового видеосигнала (VIDEO LEVEL) и дискриминации (DISCRIMINATOR). Он выдает таблицу (кнопка TABL) распределения микрочастиц по размерам и гистограмму (кнопка HIST) распределения микрочастиц по размерам. Измерение запускается кнопкой MEAS. Изображение изначально (до предлагавшейся группой О.В. Градова оцифровки) идёт через BNC-разъём на видеомонитор SM10A



Рис. 2б. Колонна электронного микроскопа JEOL JSM-35CF и ввод светового микроскопа, который используется для позиционирования образца для рентгеноспектрального анализа на круге Роуланда. В версии модернизации, предлагавшейся группой Градова, указанный микроскоп становился основой для CLEM – корреляционной световой и электронной микроскопии (см. (Gradov, 2019; Gradov, 2023; Градов, 2023)).



Рис. 2в



Рис. 2г

Рисунок 2в: Пульта управления JEOL. Желтая и белая кнопки – управление фокусировкой. В верхней части кадра видно посадочное гнездо для фотоаппарата,

адаптируемое также и для цифровых фотоаппаратов с перепрошивкой CDHK по технологии Александрова (Alexandrov et al., 2025).

Рисунок 2г: Пульт управления JEOL. Генератор развертки/управление режимом сканирования (SCAN GENERATOR) и степени увеличения (модуль MAGNIFICATION). Управление детектора вторичных электронов (SEI – Secondary Electron Imaging)/детектора Эверхарта-Торнли (модуль SEI COLLECTION) для регистрации низкоэнергетических электронов (2–50 эВ).

Обсуждение

К сожалению, данные работы не удалось реализовать, в силу закрытия московской базы указанного института на рубеже 2010-х-2020-х гг. и утилизации оборудования. Однако общая идеология данных исследований не только остается актуальной по настоящее время (с учетом современных возрастающих технических возможностей науки), но и становится все более актуальной по мере увеличения загрязнения биосферы микропластиком. Большой вклад в эволюцию микробиоты в условиях изменения климата вносит термоиндуцируемый сдвиг активности ферментативных систем для биоразложения и колонизации пластика. В настоящее время мы можем полностью подтвердить прогноз по актуализации исследований в области микропластика (перекрывающей прирост публикаций по большой номенклатуре техногенных загрязнений, включая дымовые уносы), сделанный первым автором данного обзора в период недолгой работы в Лаборатории биологического воздействия наноструктур. Однако реализация данных исследований под силу только высокотехнологичным группам с наиболее современным оборудованием. Современные исследования экосистем пластисферы немыслимы без секвенирования метабеномов, масс-спектрометрического MALDI имэджинга и дорогостоящих флуоресцентных методов со специализированными метками/зондами. На данный момент для РФ данные методы являются недоступными, в силу санкций. Поэтому в настоящее время мы можем констатировать неизбежность отставания российской экологии, геомикробиологии и биогеографии в области исследований пластисферы на годы вперед. И множественные российские работы по микропластику последнего времени подтверждают в полной мере эти выводы, так как микробиологический акцент высокого уровня не удаётся (в одиночку, без привлечения зарубежных соавторов) поддерживать большинству групп.

Авторский вклад

Градов О.В. – полный библиографический обзор (2024 год), подготовка семинара 2018 года по анализу микропластика для НИФХИ;

Жуланов Ю.В., Макавеев П.Ю. – разработка и изготовление аппаратуры аэрозольных и гидрозольных измерений размеров частиц;

Филиппов М.К. – ремонт и реконструкция электронных микроскопов и микрозондов.

Литература

Александров, Градов, 2017 – Александров П.Л., Градов О.В. Роль ионных каналов в биогеохимической эволюции таксонов и феноетическая систематика с использованием библиотеки ключей, основанной на фингерпринтинге баз регистрограмм патч-кламп-спектроскопии в условиях, моделирующих геохимическую среду. Часть 1 // *Труды БИОГЕЛ*. 2017. 26: 85-101. DOI: 10.31223/osf.io/jse57

Градов, 2023 – Градов О.В. Криоконвейерные протоколы в корреляционной световой и электронной микроскопии: от многоуровневой визуализации до моделирования биофизических эффектов и криотераностики // *Вестник Московского университета. Серия 16: Биология*. 2023. 78(3S): 57-62. DOI: 10.55959/MSU0137-0952-16-78-3S-10

Adamovich, Gradov, 2024 – Adamovich E.D., Gradov O.V. Nanopore technologies for molecular biotechnology: From nanopore sequencing to nanopore-based resistive-pulse sensing techniques (a brief review) // *European Journal of Molecular Biotechnology*. 2024. 12(1): 13-32.

Agostini et al., 2021 – Agostini L., Moreira J.C.F., Bendia A.G., Kmit M.C.P., Waters L.G., Santana M.F.M., Sumida P.Y.G., Turra A., Pellizari V.H. Deep-sea plastisphere: long-term colonization by plastic-associated bacterial and archaeal communities in the Southwest Atlantic Ocean // *Science of the Total Environment*. 2021. 793: 148335. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148335

Aleksandrov et al., 2025 – Aleksandrov P.L., Buryanskaya E.L., Gradov O.V., Gradova M.A., Maklakova I.A., Popov A.A., Ratnovskaya A.V., Shelenkov, P.G. (2025). Real-time 2D FFT correlation-spectral microroughness/nanoroughness evaluation of structured biomaterials for programming of biocompatibility and cell blasting assessment: Morphological descriptors for qualimetry and certification of biomaterials. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 1560: 405-422. DOI: 10.1007/978-3-032-00239-6_28

Aleksandrov, Gradov, 2017 – Aleksandrov P.L., Gradov O.V. Rol' ionnykh kanalov v biogeokhimicheskoi evolyutsii taksonov i feneticheskaya sistematika s ispol'zovaniem biblioteki klyuchey, osnovannoi na fingerprintinge baz registrogramm patch-klamp-spektroskopii v usloviyakh, modeliruyushchikh geokhimicheskuyu sredu. Chast' 1. *Trudy BIOGEL*. 2017. 26: 85-101. DOI: 10.31223/osf.io/jse57

Alexandrov et al., 2025 – Alexandrov P.L., Filippov M.K., Orekhov T.K. Methodological Notes on the Possibility of Electron Microscopic Study of Fossil Elasmobranch Teeth in Ultra-Low-Budget Laboratories // *Russian Journal of Biological Research*. 2017. 12(1): 34-59. DOI: 10.13187/ejbr.2025.1.34

Amaral-Zettler et al., 2020 – Amaral-Zettler L.A., Zettler E.R., Mincer T.J. Ecology of the plastisphere // *Nature Reviews Microbiology*. 2020. 18(3): 139-151. DOI: 10.1038/s41579-019-0308-0

Amaral-Zettler et al., 2021 – Amaral-Zettler L.A., Ballerini T., Zettler E.R., Asbun A.A., Adame A., Casotti R., Dumontet B., Donnarumma V., Engelmann J.C., Frere L., Mansui J. Diversity and predicted inter-and intra-domain interactions in the Mediterranean Plastisphere // *Environmental Pollution*. 2021. 286: 117439. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117439

Arias-Andres et al., 2020 – Arias-Andres M. Who is where in the Plastisphere, and why does it matter? // *Molecular Ecology Resources*. 2020. 20(3): 617-619. DOI: 10.1111/1755-0998.13161

Balkić et al., 2022 – Balkić A.G., Pfeiffer T.Ž., Čmelar K., Maronić D.Š., Stević F., Bek N., Martinović A., Nikolašević R. Footprint of the plastisphere on freshwater zooplankton // *Environmental research*. 2022. 212: 113563. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113563

Barbe et al., 2024 – Barbe V., Jacquin J., Bouzon M., Wolinski A., Derippe G., Cheng J., Cruaud C., Roche D., Fouteau S., Petit J.L., Conan P. Bioplastic degradation and assimilation processes by a novel bacterium isolated from the marine plastisphere // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 466: 133573. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133573

Barros, Seena, 2021 – Barros J., Seena S. Plastisphere in freshwaters: an emerging concern // *Environmental Pollution*. 2021. 290: 118123. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118123

Behera, Das, 2023 – Behera S., Das S. Environmental impacts of microplastic and role of plastisphere microbes in the biodegradation and upcycling of microplastic // *Chemosphere*. 2023. 334: 138928. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.138928

Bocci et al., 2024 – Bocci V., Galafassi S., Levantesi C., Crognale S., Amalfitano S., Congestri R., Matturro B., Rossetti S., Di Pippo F. Freshwater plastisphere: a review on biodiversity, risks, and biodegradation potential with implications for the aquatic ecosystem health // *Frontiers in Microbiology*. 2024. 15: 1395401. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1395401

Chaimusik et al., 2024 – Chaimusik N., Sombuttra N., Nakaramontri Y., Sompongchaiyakul P., Charoenpong C., Intra B., Euanorasetr J. The comparative plastisphere microbial community profile at Kung Wiman beach unveils potential plastic-specific degrading microorganisms // *PeerJ*. 2024. 12: e17165.

Chen et al., 2021 – Chen L., Li J., Tang Y., Wang S., Lu X., Cheng Z., Zhang X., Wu P., Chang X., Xia Y. Typhoon-induced turbulence redistributed microplastics in coastal areas and reformed plastisphere community // *Water Research*. 2021. 204: p.117580. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117580

Chen et al., 2023 – Chen W., Feng Z., Chang Y., Xu S., Zhou K., Shi X., Wang Z., Zhang L., Wei Y. Li J. Comparing the bacterial composition, succession and assembly patterns in plastisphere and kitchen waste composting with PLA/PBAT blends // *Journal of Hazardous Materials*. 2023. 454: 131405. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131405

Chen et al., 2024 – Chen Y., Yan Z., Zhou Y., Zhang Y., Jiang R., Wang M., Yuan S., Lu G. Dynamic evolution of antibiotic resistance genes in plastisphere in the vertical profile of urban rivers // *Water research*. 2024. 249: 120946. DOI: 10.1016/j.watres.2023.120946

Cheng et al., 2021 – Cheng J., Jacquin J., Conan P., Pujo-Pay M., Barbe V., George M., Fabre P., Bruzaud S., Ter Halle A., Meistertzheim A.L., Ghiglione J.F. Relative influence of plastic

debris size and shape, chemical composition and phytoplankton-bacteria interactions in driving seawater plastisphere abundance, diversity and activity // *Frontiers in Microbiology*. 2021. 11: 610231. DOI: 10.3389/fmicb.2020.610231

[Cheng et al., 2023](#) – Cheng J., Meistertzheim A.L., Leistenschneider D., Philip L., Jacquin J., Escande M.L., Barbe V., Ter Halle A., Chapron L., Lartaud F., Bertrand S., Escriva H., Ghiglione J.F. Impacts of microplastics and the associated plastisphere on physiological, biochemical, genetic expression and gut microbiota of the filter-feeder amphioxus // *Environment International*. 2023. 172: 107750. DOI: 10.1016/j.envint.2023.107750

[Cheng et al., 2024](#) – Cheng J., Wang P., Ghiglione J. F., Cai Z., Zhou J., Zhu X. Bacterial pathogens associated with the plastisphere of surgical face masks and their dispersion potential in the coastal marine environment // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 462: 132741. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.132741

[Collins et al., 2023](#) – Collins H.I., Griffin T.W., Holohan B.A., Ward J.E. Nylon microfibers develop a distinct plastisphere but have no apparent effects on the gut microbiome or gut tissue status in the blue mussel, *Mytilus edulis* // *Environmental Microbiology*. 2023. 25(12): 2792-2806. DOI: 10.1111/1462-2920.16496

[Cornejo-D'Ottone et al., 2020](#) – Cornejo-D'Ottone M., Molina V., Pavez J., Silva N. Greenhouse gas cycling by the plastisphere: The sleeper issue of plastic pollution // *Chemosphere*. 2020. 246: 125709. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.125709

[Dąbrowska et al., 2021](#) – Dąbrowska A., Gniadek M., Machowski P. The proposal and necessity of the numerical description of nano-and microplastics' surfaces (plastisphere) // *Polymers*. 2021. 13(14): 2255. DOI: 10.3390/polym13142255.

[Dąbrowska, 2021](#) – Dąbrowska A. A roadmap for a Plastisphere // *Mar. Pollut. Bull.* 2021. 167(112322): 10-1016. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112322

[Delacuvellerie et al., 2019](#) – Delacuvellerie A., Cyriaque V., Gobert S., Benali S., Wattiez R. The plastisphere in marine ecosystem hosts potential specific microbial degraders including *Alcanivorax borkumensis* as a key player for the low-density polyethylene degradation // *Journal of hazardous materials*. 2019. 380: 120899. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.120899

[Delacuvellerie et al., 2022](#) – Delacuvellerie A., Ballerini T., Frère L., Matallana-Surget S., Dumontet B., Wattiez R. From rivers to marine environments: A constantly evolving microbial community within the plastisphere // *Marine Pollution Bulletin*. 2022. 179: 113660. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.113660

[Dey et al., 2022](#) – Dey S., Rout A.K., Behera B.K., Ghosh K. Plastisphere community assemblage of aquatic environment: plastic-microbe interaction, role in degradation and characterization technologies // *Environmental microbiome*. 2022. 17(1): 32. DOI: 10.1186/s40793-022-00430-4

[Di Pippo et al., 2022](#) – Di Pippo F., Crognale S., Levantesi C., Vitanza L., Sighicelli M., Pietrelli L., Di Vito S., Amalfitano S., Rossetti S. Plastisphere in lake waters: microbial diversity, biofilm structure, and potential implications for freshwater ecosystems // *Environmental Pollution*. 2022. 310: 119876. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119876

[Du et al., 2022](#) – Du Y., Liu X., Dong X., Yin Z. A review on marine plastisphere: biodiversity, formation, and role in degradation // *Computational and Structural Biotechnology Journal*. 2022. 20: 975-988. DOI: 10.1016/j.csbj.2022.02.008

[Forero-López et al., 2022](#) – Forero-López A.D., Brugnoli L.I., Abasto B., Rimondino G.N., Lassalle V.L., Arduoso M.G., Nazzarro M.S., Martinez A.M., Spetter C.V., Biancalana F. (Plastisphere on microplastics: in situ assays in an estuarine environment // *Journal of Hazardous Materials*. 2022. 440: 129737. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.129737

[Frey et al., 2024](#) – Frey B., Aiesi M., Rast B.M., Rüthi J., Julmi J., Stierli B., Qi W., Brunner I. (2024). Searching for new plastic-degrading enzymes from the plastisphere of alpine soils using a metagenomic mining approach // *Plos one*. 2024. 19(4): e0300503. DOI: 10.1371/journal.pone.0300503

[Gradov et al., 2024](#) – Gradov O.V., Gradova M.A., Maklakova I.A., Popov A.A., Varian I. (Applications of composite microfluidic systems and micro total analysis systems (μ TAS) for monitoring the state of natural soils, swamps or wetlands: Biodegradable polymers of the μ TAS chip moldings as sensor layers for weathering estimations // *Advances in Transdisciplinary Engineering*. 2024. 62: 1439-1448. DOI: 10.3233/atde241145

[Gradov et al., 2025](#) – Gradov O.V., Gradova M.A., Maklakova I.A., Popov A.A., Varian I. Polymer bio-weathering and biodegradation induced by soil plastisphere: Real time 2D FFT-based comparative SEM-ISC study of biodegraded plastic surfaces // *Journal of Polymer Science and Engineering*. 2025. 8(2): 11801. DOI: 10.24294/jpse11801

[Gradov, 2016a](#) – Gradov O.V. Isotope channelomics of chemoautotrophs as the predictor and regulator of the metal deposit formation and the weathering factor / *The Seventeenth International Conference Physical-Chemical and Petrophysical Studies in the Earth Sciences (Proceesings of Conferene)*. 2016. Pp. 76-77. DOI: 10.54985/peeref.2505a5206386

[Gradov, 2016b](#) – Gradov O.V. The extended phenotype of chemolithoautotrophs as an object of physical geochemistry and structural biogeochemistry in the framework of v.i. vernadsky concepts / *Moscow International School of Earth Sciences — 2016. Abstracts of International conference*. 2016. P. 60. DOI: 10.13140/RG.2.1.1552.8565

[Gradov, 2018](#) – Gradov O.V. Isotopic bioinorganic chemistry of chemoautotrophs as a predictor-regulator for formation of metal deposits and factor of weathering [editorial] // *Modern Approaches in Oceanography and Petrochemical Sciences*, MAOPS.MS.ID.000103. 2018. DOI: 10.32474/MAOPS.2018.01.000103

[Gradov, 2019](#) – Gradov O.V. Novel perspectives for CLEM techniques in multiparametric morphology protocols // *International Journal of Biomedicine*. 2019. 9(Suppl. 1): 39. DOI: 10.21103/IJBM.9.Suppl_1.P39

[Gradov, 2023](#) – Gradov O.V. Cryoconveyor protocols in correlative light and electron microscopy: From multilevel imaging to modeling of biophysical effects and “cryotheranostics” // *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. 2023. 78(Suppl. 1): S64-S68. DOI: 10.3103/S0096392523700244

[Gradov, 2025](#) – Gradov O.V. Soil plastisphere species and infectious diseases / *European Congress on Infectious Diseases and Microbiology (April 14-15, 2025; Rome, Italy)*. 2025. P. 49. C2P Rome, Italy. DOI: 10.54985/peeref.2505a1467782

[Grigorieva et al., 2021](#) – Grigorieva E.A., Olkhov A.A., Gradov O.V., Gradova M.A. Thermal behavior of the porous polymer composites based on LDPE and natural fillers studied by real time thermal microscopy // *Key Engineering Materials*. 2021. 899: 644-659. DOI: 10.4028/www.scientific.net/kem.899.644

[Grigorieva et al., 2022](#) – Grigorieva E., Gradov O., Gradova M., Maklakova I. Towards multi-angle multispectral optical 3D porometry and lens-less porometry of civil engineering composites and geocomposites including biodegradable ones // *Advances in Transdisciplinary Engineering*. 2022. 31: 101-113. DOI: 10.3233/atde220857

[Grigorieva et al., 2023](#) – Grigorieva E.A., Gradov O.V., Gradova M.A., Maklakova I.A. Towards multi-angle multi-channel optical porometry and scanning electron microscopic porometry of ldpe composites including geotechnical biodegradable ones // *Advanced Structured Materials*. 2023. 195: 105-118. DOI: 10.1007/978-3-031-28744-2_6

[Grigorieva et al., 2025](#) – Grigorieva E., Gradov O., Maklakova I., Popov A., Ratnovskaya A. Time-resolved correlation microporometry (TRCMP) and melting point correlation-spectral microporometry (MPCSP) of gas-filled polymer composites formed under the action of various pore-forming agents // *Dynamics of Discrete and Continuum Structures and Media*. 2025. Pp. 361-375. Switzerland. Springer Nature. DOI: 10.1007/978-3-031-75626-9_15

[Guruge et al., 2024](#) – Guruge K.S., Goswami P., Kanda K., Abeynayaka A., Kumagai M., Watanabe M., Tamamura-Andoh Y. Plastiome: Plastisphere-enriched mobile resistome in aquatic environments // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 471: 134353. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.134353

[Huang et al., 2024](#) – Huang J.N., Xu L., Wen B., Gao J.Z., Chen Z.Z. Reshaping the plastisphere upon deposition: Promote N2O production through affecting sediment microbial communities in aquaculture pond // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 465: 133290. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.133290

[Jablokov et al., 2017](#) – Jablokov A.G., Skrynnik A.A., Orekhov F.K., Nasirov P.A., Gradov O.V. "MALDI-FLIP-on-a-chip" and "MALDI-FRAP-on-a-flap": Novel Techniques for Soil Microbiology and Environmental Biogeochemistry. I-MALDI Chip Fingerprinting // *Biogeosystem Technique*. 2017. 4(2): 140-188. DOI: 10.13187/bgt.2017.2.140

Jablokov et al., 2018 – Jablokow A.G., Nasirov P.A., Orekhov F.K., Gradov O.V. "MALDI-FLIP-on-a-chip" and "MALDI-FRAP-on-a-flap": Novel Techniques for Soil Microbiology and Environmental Biogeochemistry. II-Polymer Chip Prototyping // *Biogeosystem Technique*. 2018. 5(1): 3-56. DOI: 10.13187/bgt.2018.1.3

Jacquín et al., 2019 – Jacquín J., Cheng J., Odobel C., Pandin C., Conan P., Pujo-Pay M., Barbe V., Meistertzheim A.L., Ghiglione J.F. Microbial ecotoxicology of marine plastic debris: a review on colonization and biodegradation by the "Plastisphere" // *Frontiers in microbiology*. 2019. 10: 865. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00865

Ji et al., 2022 – Ji L., Tanunchai B., Wahdan S.F.M., Schädler M., Purahong W. Future climate change enhances the complexity of plastisphere microbial co-occurrence networks, but does not significantly affect the community assembly // *Science of The Total Environment*. 2022. 844: 157016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157016

Joshi et al., 2022 – Joshi G., Goswami P., Verma P., Prakash G., Simon P., Vinithkumar N.V., Dharani G. Unraveling the plastic degradation potentials of the plastisphere-associated marine bacterial consortium as a key player for the low-density polyethylene degradation // *Journal of hazardous materials*. 2022. 425: 128005. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.128005

Junaid et al., 2022 – Junaid M., Liu S., Liao H., Liu X., Wu Y., Wang J. Wastewater plastisphere enhances antibiotic resistant elements, bacterial pathogens, and toxicological impacts in the environment // *Science of the Total Environment*. 2022. 841: 156805. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156805

Karkanorachaki et al., 2023 – Karkanorachaki K., Syranidou E., Kalogerakis N. Extreme weather events as an important factor for the evolution of plastisphere but not for the degradation process // *Water Research*. 2023. 246: 120687. DOI: 10.1016/j.watres.2023.120687

Kelly et al., 2022 – Kelly M.R., Whitworth P., Jamieson A., Burgess J.G. Bacterial colonisation of plastic in the Rockall Trough, North-East Atlantic: An improved understanding of the deep-sea plastisphere // *Environmental Pollution*. 2022. 305: 119314. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119314

Kimura et al., 2023 – Kimura Y., Fukuda Y., Otsu R., Yu J., Mino S., Misawa S., Maruyama S., Ikeda Y., Miyamachi R., Noguchi H., Kato S. A lesson from polybutylene succinate plastisphere to the discovery of novel plastic degrading enzyme genes in marine vibrios // *Environmental microbiology*. 2023. 25(12): 2834-2850. DOI: 10.1111/1462-2920.16512

Kirstein et al., 2019 – Kirstein I.V., Wichels A., Gullans E., Krohne G., Gerdt G. The plastisphere-uncovering tightly attached plastic "specific" microorganisms // *PloS one*. 2019. 14(4): e0215859. DOI: 10.1371/journal.pone.0215859

Koh et al., 2023 – Koh J., Bairolia S., Salta M., Cho Z.T., Fong J., Neo M.L., Cragg S. Cao B. (2023). Sediment-driven plastisphere community assembly on plastic debris in tropical coastal and marine environments // *Environment International*. 2023. 179: p.108153. DOI: 10.1016/j.envint.2023.108153

Kutralam-Muniasamy et al., 2024 – Kutralam-Muniasamy G., Shruti V.C., Pérez-Guevara F. (2024). Plastisphere-hosted viruses: A review of interactions, behavior, and effects // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 472: 134533. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.134533

Lacerda et al., 2024 – Lacerda A.L., Frias J., Pedrotti M.L. Tardigrades in the marine plastisphere: New hitchhikers surfing plastics // *Marine Pollution Bulletin*. 2024. 200: 116071. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2024.116071

Lenoble et al., 2024 – Lenoble V., Cindrić A.M., Briand J.F., Pedrotti M.L., Lacerda A.L., Muniategui-Lorenzo S., Fernández-González V., Moscoso-Pérez C.M., Andrade-Garda J.M., Casotti R., Murano C. Bioaccumulation of trace metals in the plastisphere: Awareness of environmental risk from a European perspective // *Environmental pollution*. 2024. 348: 123808. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.123808

Li et al., 2021 – Li H.Q., Shen Y.J., Wang W.L., Wang H.T., Li H., Su J.Q. Soil pH has a stronger effect than arsenic content on shaping plastisphere bacterial communities in soil // *Environmental Pollution*. 2021. 287: 117339. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117339. Epub 2021 May 10. PMID: 34000668

Li et al., 2022 – Li R., Zhu L., Cui L., Zhu Y.G. Viral diversity and potential environmental risk in microplastic at watershed scale: Evidence from metagenomic analysis of plastisphere // *Environment international*. 2022. 161: 107146. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107146

- Li et al., 2023 – Li J., Zhang T., Shan X., Zheng W., Zhang Z., Ouyang Z., Liu P., Guo X. Abandoned disposable masks become hot substrates for plastisphere, whether in soil, atmosphere or water // *Journal of Hazardous Materials*. 2023. 452: 131321. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131321
- Li et al., 2024 – Li K., Xu L., Bai X., Zhang G., Zhang M., Huang Y. Potential environmental risks of field bio/non-degradable microplastic from mulching residues in farmland: evidence from metagenomic analysis of plastisphere // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 465: 133428. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133428
- Lin et al., 2023 – Lin X., Wang S., Ni R., Song L. New insights on municipal solid waste (MSW) landfill plastisphere structure and function // *Science of The Total Environment*. 2023. 888: 163823. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163823
- Lin et al., 2024 – Lin D., Xu J.Y., Wang L., Du S., Zhu D. Long-term application of organic fertilizer prompting the dispersal of antibiotic resistance genes and their health risks in the soil plastisphere // *Environment International*. 2024. 183: 108431. DOI: 10.1016/j.envint.2024.108431
- Lu et al., 2024 – Lu, J., Qiu, Y., Zhang, L., Wang, J., Li, C., Wang, P., Ren, L. (2024). Effects of Fe₃O₄ NMs based Fenton-like reactions on biodegradable plastic bags in compost: New insight into plastisphere community succession, co-composting efficiency and free radical in situ aging theory. *Journal of Hazardous Materials*. 467: 133689. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133689
- Luo et al., 2022 – Luo G., Jin T., Zhang H., Peng J., Zuo N., Huang Y., Han Y., Tian C., Yang Y., Peng K., Fei J. (2022). Deciphering the diversity and functions of plastisphere bacterial communities in plastic-mulching croplands of subtropical China // *Journal of Hazardous Materials*. 2022. 422: 126865. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.126865
- MacLean et al., 2021 – MacLean J., Mayanna S., Benning L.G., Horn F., Bartholomäus A., Wiesner Y., Wagner D., Liebner S. The terrestrial plastisphere: diversity and polymer-colonizing potential of plastic-associated microbial communities in soil // *Microorganisms*. 2021. 9(9): 1876. DOI: 10.3390/microorganisms9091876
- Maklakova et al., 2021 – Maklakova I.A., Gradov O.V., Gradova M.A., Aleksandrov P.L. Comparison of SEM-assisted nanoporometric and microporometric morphometric techniques applied for the ultramicroporous polymer films // *Key Engineering Materials*. 2021. 899: 660-674. DOI: 10.4028/www.scientific.net/kem.899.660
- Miao et al., 2023 – Miao L., Li W., Adyel T.M., Yao Y., Deng Y., Wu J., Zhou Y., Yu Y., Hou J. Spatio-temporal succession of microbial communities in plastisphere and their potentials for plastic degradation in freshwater ecosystems // *Water Research*. 2023. 229: 119406. DOI: 10.1016/j.watres.2022.119406
- Nguyen et al., 2023 – Nguyen D., Masasa M., Ovadia O., Guttman L. Ecological insights into the resilience of marine plastisphere throughout a storm disturbance // *Science of the Total Environment*. 2023. 858: 159775. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159775
- Ni et al., 2024 – Ni B., Zhang T. L., Cai T. G., Xiang Q., Zhu D. Effects of heavy metal and disinfectant on antibiotic resistance genes and virulence factor genes in the plastisphere from diverse soil ecosystems // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 465: 133335. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.133335
- Orekhov, Gradov, 2022 – Orekhov F.K., Gradov O.V. Automated Soil Microbiology Using Lensless and LDI MS Imaging with Buried Slides // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2022. 247: 471-479. DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2_43
- Orekhov, Gradov, 2023 – Orekhov F.K., Gradov O.V. Target chip based single-cell biotyping and telemetric bioluminescence lensless microscopy of the buried sandwich-slides as a novel way for measurement, mapping and molecular imaging of biodegradation/biofouling of plastic surfaces in real soils // *Advances in Transdisciplinary Engineering*. 2023. 38: 417-425. DOI: 10.3233/ATDE230317
- Pang et al., 2023 – Pang G., Li X., Ding M., Jiang S., Chen P., Zhao Z., Gao R., Song B., Xu X., Shen Q., Cai F.M. The distinct plastisphere microbiome in the terrestrial-marine ecotone is a reservoir for putative degraders of petroleum-based polymers // *Journal of Hazardous Materials*. 2023. 453: 131399. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131399
- Park et al., 2023 – Park W.J., Hwangbo M., Chu K.H. Plastisphere and microorganisms involved in polyurethane biodegradation // *Science of The Total Environment*. 2023. 886: 163932. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163932

- Pietrelli et al., 2017 – Pietrelli L., Di Gennaro A., Menegoni P., Lecce F., Poeta G., Acosta A.T., Battisti C., Iannilli V. Pervasive plastisphere: first record of plastics in egagropiles (Posidonia spheroids) // *Environmental pollution*. 2017. 229: 1032-1036. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.07.098
- Poeta et al., 2017 – Poeta G., Fanelli G., Pietrelli L., Acosta A.T., Battisti C. Plastisphere in action: evidence for an interaction between expanded polystyrene and dunal plants // *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. 24(12): 11856-11859. DOI: 10.1007/s11356-017-8887-7
- Ran et al., 2024 – Ran T., Liao H., Zhao Y., Li J. Soil plastisphere interferes with soil bacterial community and their functions in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum* L.) // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2024. 270: 115946. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2024.115946
- Rillig et al., 2024 – Rillig M.C., Kim S.W., Zhu Y.G.. The soil plastisphere // *Nature Reviews Microbiology*. 2024. 22(2): 64-74. DOI: 10.1038/s41579-023-00967-2
- Rohrbach et al., 2023 – Rohrbach S., Gkoutselis G., Hink L., Weig A.R., Obst M., Diekmann A., Ho A., Rambold G., Horn M.A. Microplastic polymer properties as deterministic factors driving terrestrial plastisphere microbiome assembly and succession in the field // *Environmental Microbiology*. 2023. 25(12): 2681-2697. DOI: 10.1111/1462-2920.16234
- Rosato et al., 2022 – Rosato A., Barone M., Negroni A., Brigidi P., Fava F., Biagi E., Candela M., Zanaroli G. Bacterial colonization dynamics of different microplastic types in an anoxic salt marsh sediment and impact of adsorbed polychlorinated biphenyls on the plastisphere // *Environmental Pollution*. 2022. 315: 120411. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.120411
- Rüthi et al., 2023 – Rüthi J., Cerri M., Brunner I., Stierli B., Sander M., Frey B. Discovery of plastic-degrading microbial strains isolated from the alpine and Arctic terrestrial plastisphere // *Frontiers in Microbiology*. 2023. 14: 1178474. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1178474
- Saleem et al., 2023 – Saleem M., Yahya S., Razzak S.A., Khawaja S., Ali A. Shotgun metagenomics and computational profiling of the plastisphere microbiome: unveiling the potential of enzymatic production and plastic degradation // *Archives of Microbiology*. 2023. 205(11): 359. DOI: 10.1007/s00203-023-03701-x
- Schlundt et al., 2020 – Schlundt C., Mark Welch J.L., Knochel A.M., Zettler E.R., Amaral-Zettler L.A. Spatial structure in the “Plastisphere”: molecular resources for imaging microscopic communities on plastic marine debris // *Molecular ecology resources*. 2020. 20(3): 620-634. DOI: 10.1111/1755-0998.13119
- Sérvulo et al., 2023 – Sérvulo T., Taylor J.D., Proietti M.C., dS Rodrigues L., Puertas I.P., Barutot R.A., Lacerda, A.L. Plastisphere composition in a subtropical estuary: Influence of season, incubation time and polymer type on plastic biofouling // *Environmental Pollution*. 2023. 332: 121873. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121873
- Shan et al., 2023 – Shan E., Zhang X., Li J., Sun C., Teng J., Hou C., Zhao J., Sun S., Wang Q. Alteration of microbial mediated carbon cycle and antibiotic resistance genes during plastisphere formation in coastal area // *Chemosphere*. 2023. 344: 140420. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.140420
- Silva et al., 2023 – Silva V., Pérez V., Gillanders B.M. Short-term plastisphere colonization dynamics across six plastic types // *Environmental Microbiology*. 2023. 25(12): 2732-2745. DOI: 10.1111/1462-2920.16445
- Silva et al., 2024 – Silva I., Tacão M., Henriques I.. Hidden threats in the plastisphere: Carbapenemase-producing Enterobacterales colonizing microplastics in river water // *Science of The Total Environment*. 2024. 922: 171268. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171268
- Song et al., 2023 – Song X., Ding J., Tian W., Xu H., Zou H., Wang Z. Effects of plastisphere on phosphorus availability in freshwater system: critical roles of polymer type and colonizing habitat // *Science of the Total Environment*. 2023. 870: 161990. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.161990
- Song et al., 2024 – Song X., Zou H., Zhang Y., Yang J., Ding J.. Microplastics alter the microbiota-mediated phosphorus profiles at sediment-water interface: Distinct microbial effects between sediment and plastisphere // *Science of The Total Environment*. 2024. 933: 173048. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.173048
- Sosa, Chen, 2022 – Sosa A., Chen F. An in situ study to understand community structure of estuarine microbes on the plastisphere // *Microorganisms*. 2022. 10(8): 1543. DOI: 10.3390/microorganisms10081543

- Stevenson et al., 2023 – Stevenson E.M., Buckling A., Cole M., Lindeque P.K., Murray A.K. Culturing the Plastisphere: comparing methods to isolate culturable bacteria colonising microplastics // *Frontiers in Microbiology*. 2023. 14: 1259287. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1259287
- Stevenson et al., 2024 – Stevenson E.M., Buckling A., Cole M., Lindeque P.K., Murray A.K. Selection for antimicrobial resistance in the plastisphere // *Science of The Total Environment*. 2024. 908: 168234. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168234
- Su et al., 2022 – Su X., Yang L., Yang K., Tang Y., Wen T., Wang Y., Rillig M.C., Rohe L., Pan J., Li H., Zhu Y.G. Estuarine plastisphere as an overlooked source of N₂O production // *Nature Communications*. 2022. 13(1): 3884. DOI: 10.1038/s41467-022-31584-x
- Sun et al., 2022 – Sun Y., Shi J., Wang X., Ding C., Wang J. Deciphering the mechanisms shaping the plastisphere microbiota in soil // *Msystems*. 2022. 7(4): e00352-22. DOI: 10.1128/msystems.00352-22
- Sun et al., 2023 – Sun Y., Zhang Y., Hao X., Zhang X., Ma Y., Niu Z. A novel marine bacterium *Exiguobacterium marinum* a-1 isolated from in situ plastisphere for degradation of additive-free polypropylene // *Environmental Pollution*. 2023. 336: 122390. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122390
- Sun et al., 2024 – Sun Y., Wu M., Xie S., Zang J., Wang X., Yang Y., Li C., Wang J. Homogenization of bacterial plastisphere community in soil: a continental-scale microcosm study // *ISME communications*. 2024. 4(1): ycad012. DOI: 10.1093/ismeco/ycad012
- Tanunchai et al., 2023 – Tanunchai B., Ji L., Schröder O., Gawol S.J., Geissler A., Wahdan S.F.M., Buscot F., Kalkhof S., Schulze E.D., Noll M., Purahong W. Fate of a biodegradable plastic in forest soil: Dominant tree species and forest types drive changes in microbial community assembly, influence the composition of plastisphere, and affect poly (butylene succinate-co-adipate) degradation // *Science of the Total Environment*. 2023. 873: 162230. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162230
- Tarchi et al., 2023 – Tarchi M., Zaaboub N., Alsubih M., Brik B., Martins M.V.A., Aleya L., Trabelsi L. Microalgae colonization and trace element accumulation on the plastisphere of marine plastic debris in Monastir Bay (Eastern Tunisia) // *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. 30(12): 32427-32451. DOI: 10.1007/s11356-022-23930-9
- Taurozzi et al., 2023 – Taurozzi D., Cesarini G., Scalici M. New ecological frontiers in the plastisphere: Diatoms and macroinvertebrates turnover assessment by a traits-based approach // *Science of the Total Environment*. 2023. 887: 164186. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164186
- Tian et al., 2024 – Tian H., Wang L., Zhu X., Zhang M., Li L., Liu Z., Abolfathi S. Biodegradation of microplastics derived from controlled release fertilizer coating: Selective microbial colonization and metabolism in plastisphere // *Science of The Total Environment*. 2024. 920: 170978. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.170978
- Tiguerros-Benavides et al., 2024 – Tiguerros-Benavides P., Garzón-Rodríguez L., Herrera-Villarraga G., Ochoa-Mogollón J., Sarmiento-Sánchez C., Rodríguez-Vargas L.H., Rozo-Torres G., Guayán-Ruiz, P., Sanjuan-Muñoz A., Franco-Herrera A. Microplastics and plastisphere at surface waters in the Southwestern Caribbean sea // *Journal of Environmental Management*. 2024. 358: 120745. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120745
- Tiwari et al., 2022 – Tiwari N., Bansal M., Santhiya D., Sharma JG. Insights into microbial diversity on plastisphere by multi-omics. *Arch Microbiol*. 2022 Mar 22. 204(4): 216. DOI: 10.1007/s00203-022-02806-z PMID: 35316402
- Vannini et al., 2021 – Vannini C., Rossi A., Vallerini F., Menicagli V., Seggiani M., Cinelli P., Lardicci C., Balestri E. Microbial communities of polyhydroxyalkanoate (PHA)-based biodegradable composites plastisphere and of surrounding environmental matrix: a comparison between marine (seabed) and coastal sediments (dune sand) over a long-time scale // *Science of The Total Environment*. 2021. 764: 142814. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142814
- Wang et al., 2022 – Wang C., Wang L., Ok Y.S., Tsang D.C., Hou D. Soil plastisphere: exploration methods, influencing factors, and ecological insights // *Journal of Hazardous Materials*. 2022. 430: 128503. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128503
- Wang et al., 2023 – Wang P., Liu J., Han S., Wang Y., Duan Y., Liu T., Hou L., Zhang Z., Li L., Lin Y. Polyethylene mulching film degrading bacteria within the plastisphere: Co-culture of plastic degrading strains screened by bacterial community succession // *Journal of Hazardous Materials*. 2023. 442: 130045. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.130045

- Wen et al., 2020 – Wen B., Liu J.H., Zhang Y., Zhang H.R., Gao J.Z., Chen Z.Z. Community structure and functional diversity of the plastisphere in aquaculture waters: does plastic color matter? // *Science of the total environment*. 2020. 740: 140082. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140082
- Wright et al., 2021 – Wright R.J., Bosch R., Langille M.G., Gibson M.I., Christie-Oleza J.A. A multi-OMIC characterisation of biodegradation and microbial community succession within the PET plastisphere // *Microbiome*. 2021. 9(1): 141. DOI: 10.1186/s40168-021-01054-5
- Wright et al., 2021a – Wright R.J., Bosch R., Langille M.G., Gibson M.I., Christie-Oleza J.A. A multi-OMIC characterisation of biodegradation and microbial community succession within the PET plastisphere // *Microbiome*. 2021. 9(1): 141. DOI: 10.1186/S40168-021-01054-5
- Wright et al., 2021b – Wright R.J., Langille M.G., Walker T.R. Food or just a free ride? A meta-analysis reveals the global diversity of the Plastisphere // *The ISME Journal*. 2021. 15(3): 789-806. DOI: 10.1038/s41396-020-00814-9
- Wu et al., 2022 – Wu X., Liu Z., Li M., Bartlam M., Wang Y. Integrated metagenomic and metatranscriptomic analysis reveals actively expressed antibiotic resistomes in the plastisphere // *Journal of hazardous materials*. 2022. 430: 128418. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128418
- Wu et al., 2023 – Wu J., Ye Q., Sun L., Liu J., Huang M., Wang T., Wu P., Zhu N. Impact of persistent rain on microplastics distribution and plastisphere community: A field study in the Pearl River, China // *Science of The Total Environment*. 2023. 879: 163066. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163066
- Wu et al., 2024 – Wu Z., Sun J., Xu L., Zhou H., Cheng H., Chen Z., Wang Y., Yang J. (2024). Depth significantly affects plastisphere microbial evenness, assembly and co-occurrence pattern but not richness and composition // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 463: 132921. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.132921
- Xiang et al., 2022 – Xiang Q., Chen Q.L., Yang X.R., Li G., Zhu D. Soil mesofauna alter the balance between stochastic and deterministic processes in the plastisphere during microbial succession // *Science of The Total Environment*. 2022. 849: 157820. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157820
- Xiang et al., 2024 – Xiang Q., Stryhanyuk H., Schmidt M., Kümmel S., Richnow H.H., Zhu Y.G., Cui L., Musat N. Stable isotopes and nanoSIMS single-cell imaging reveals soil plastisphere colonizers able to assimilate sulfamethoxazole // *Environmental Pollution*. 2024. 355: 124197. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.124197
- Xie et al., 2023 – Xie M., Lv M., Zhao Z., Li L., Jiang H., Yu Y., Zhang X., Liu P., Chen J. Plastisphere characterization in habitat of the highly endangered *Shinisaurus crocodilurus*: bacterial composition, assembly, function and the comparison with surrounding environment // *Science of The Total Environment*. 2023. 900: 165807. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165807
- Xu et al., 2023 – Xu L., Li K., Zhang M., Guo J., Jia W., Bai X., Tian X., Huang Y. Plastic substrate and residual time of microplastics in the urban river shape the composition and structure of bacterial communities in plastisphere // *Journal of Environmental Management*. 2023. 345: 118710. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.118710
- Xu et al., 2024 – Xu C., Hu C., Lu J., Yang T., Shen C., Li F., Wang J. Lake plastisphere as a new biotope in the Anthropocene: potential pathogen colonization and distinct microbial functionality // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. 461: 132693. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.132693
- Xue et al., 2021 – Xue N., Fang Q., Pan X., Zhang D. Distinct fungal plastisphere across different river functional zones: a watershed scale study // *Science of the Total Environment*. 2021. 752: 141879. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141879
- Yang et al., 2023 – Yang Y., Suyamud B., Liang S., Liang X., Wan W., Zhang W. Distinct spatiotemporal succession of bacterial generalists and specialists in the lacustrine plastisphere // *Environmental Microbiology*. 2023. 25(12): 2746-2760. DOI: 10.1111/1462-2920.16400
- Ye et al., 2024 – Ye J., Zhu Y., Chen H., Zhao X., Tang J., Zhang J., Chen Y., Guo Y., Tan Y., Zhang T. High-throughput absolute quantification sequencing reveals the adaptive succession and assembly pattern of plastisphere communities in municipal sewer systems: Influence of environmental factors and microplastic polymer types // *Environmental Pollution*. 2024. 342: 123136. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.123136
- Yokoyama et al., 2023 – Yokoyama D., Takamura A., Tsuboi Y., Kikuchi J. Large-scale omics dataset of polymer degradation provides robust interpretation for microbial niche and succession on different plastisphere // *ISME communications*. 2023. 3(1): 67. DOI: 10.1038/s43705-023-00275-z

- [Yu et al., 2023](#) – Yu Y., Miao L., Adyel T.M., Waldschläger K., Wu J., Hou J.. Aquatic plastisphere: interactions between plastics and biofilms // *Environmental Pollution*. 2023. 322: 121196. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121196
- [Zadjelovic et al., 2023](#) – Zadjelovic V., Wright R.J., Borsetto C., Quartey J., Cairns T.N., Langille M.G., Wellington E.M., Christie-Oleza J.A. Microbial hitchhikers harbouring antimicrobial-resistance genes in the riverine plastisphere // *Microbiome*. 2023. 11(1): 225. DOI: 10.1186/s40168-023-01662-3
- [Zagui et al., 2022](#) – Zagui G.S., Andrade L.N., Sierra J., Rovira J., Darini A.L.C., Segura-Muñoz S. Plastisphere as a pathway for antimicrobial-resistant bacteria spread to the environment: New challenge and open questions // *Environmental research*. 2022. 214(Pt 4): 114156. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114156
- [Zettler et al., 2013](#) – Zettler E.R., Mincer T.J., Amaral-Zettler L.A. Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic marine debris // *Environmental science & technology*. 2013. 47(13): 7137-7146. DOI: 10.1021/es401288x
- [Zhai et al., 2023](#) – Zhai X., Zhang X.H., Yu M. Microbial colonization and degradation of marine microplastics in the plastisphere: A review // *Frontiers in Microbiology*. 2023. 14: 1127308. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1127308
- [Zhang et al., 2022](#) – Zhang W., Jiang C., Chen L., Bhagwat G., Thava P., Yang Y. Spatial turnover of core and occasional bacterial taxa in the plastisphere from a plateau river, China // *Science of The Total Environment*. 2022. 838: 156179. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156179
- [Zhang et al., 2023](#) – Zhang C., Mu Y., Li T., Jin F.J., Jin C.Z., Oh H.M., Lee H.G., Jin L. Assembly strategies for polyethylene-degrading microbial consortia based on the combination of omics tools and the “Plastisphere” // *Frontiers in microbiology*. 2023. 14: 1181967. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1181967
- [Zhang et al., 2024](#) – Zhang W., Liang S., Grossart H.P., Christie-Oleza J.A., Gadd G.M., Yang Y. Convergence effect during spatiotemporal succession of lacustrine plastisphere: loss of priority effects and turnover of microbial species // *ISME communications*. 2024. 4(1): ycae056. DOI: 10.1093/ismeco/ycae056
- [Zhao et al., 2023](#) – Zhao Z.Y., Wang P.Y., Xiong X.B., Zhou R., Li F.M., Cheng Z.G., Wang W., Mo F., Cheruiyot K.W., Wang W.Y., Uzamurera A.G. Plant biomass mediates the decomposition of polythene film-sourced pollutants in soil through plastisphere bacteria island effect // *Environment International*. 2023. 178: 108114. DOI: 10.1016/j.envint.2023.108114
- [Zhou et al., 2023](#) – Zhou Q., Zhang J., Fang Q., Zhang M., Wang X., Zhang D., Pan X. Microplastic biodegradability dependent responses of plastisphere antibiotic resistance to simulated freshwater-seawater shift in onshore marine aquaculture zones // *Environmental Pollution*. 2023. 331: 121828. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121828
- [Zhu et al., 2023](#) – Zhu M., Qi X., Yuan Y., Zhou H., Rong X., Dang Z., Yin H. Deciphering the distinct successional patterns and potential roles of abundant and rare microbial taxa of urban riverine plastisphere // *Journal of Hazardous Materials*. 2023. 450: 131080. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131080
- [Zhulanov et al., 2018](#) – Zhulanov Y.V., Makaveev P.Y., Gradov O.V. Towards the aerosol cytometry and hydrosol cytometry based on laser aerosol spectrometers // *IEEE DataPort*. 2018. DOI: 10.21227/njak-qr29
- [Žuna Pfeiffer et al., 2022](#) – Pfeiffer T.Ž., Maronić D.Š., Stević F., Balkić A.G., Bek N., Martinović A., Mandir T., Nikolašević R., Janjić D. Plastisphere development in relation to the surrounding biotic communities // *Environmental pollution*. 2022. 306: 119380. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119380

References

- [Adamovich, Gradov, 2024](#) – Adamovich, E.D., Gradov, O.V. (2024). Nanopore technologies for molecular biotechnology: From nanopore sequencing to nanopore-based resistive-pulse sensing techniques (a brief review). *European Journal of Molecular Biotechnology*. 12(1): 13-32.
- [Agostini et al., 2021](#) – Agostini, L., Moreira, J.C.F., Bendia, A.G., Kmit, M.C.P., Waters, L.G., Santana, M.F.M., Sumida, P.Y.G., Turra, A., Pellizari, V.H. (2021). Deep-sea plastisphere: long-term colonization by plastic-associated bacterial and archaeal communities in the Southwest Atlantic Ocean. *Science of the Total Environment*. 793: 148335. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148335

[Aleksandrov et al., 2025](#) – Aleksandrov, P.L., Buryanskaya, E.L., Gradov, O.V., Gradova, M.A., Maklakova, I.A., Popov, A.A., Ratnovskaya, A.V., Shelenkov, P.G. (2025). Real-time 2D FFT correlation-spectral microroughness/nanoroughness evaluation of structured biomaterials for programming of biocompatibility and cell blasting assessment: Morphological descriptors for qualimetry and certification of biomaterials. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 1560: 405-422. DOI: 10.1007/978-3-032-00239-6_28

[Aleksandrov, Gradov, 2017](#) – Aleksandrov, P.L., Gradov, O.V. (2017). Rol' ionnykh kanalov v biogeokhimicheskoi evolyutsii taksonov i feneticheskaya sistematika s ispol'zovaniem biblioteki klyuchey, osnovannoi na fingerprintinge baz registrogramm patch-klamp-spektroskopii v usloviyakh, modeliruyushchikh geokhimicheskuyu sredu. Chast' 1 [The role of ion channels in the biogeochemical evolution of taxa and phenetic systematics using a key library based on fingerprinting of patch-clamp spectroscopy register databases under conditions simulating a geochemical environment. Part 1]. *Trudy BIOGEL*. 26: 85-101. DOI: 10.31223/osf.io/jse57 [in Russian]

[Alexandrov et al., 2025](#) – Alexandrov, P.L., Filippov, M.K., Orekhov, T.K. (2025). Methodological Notes on the Possibility of Electron Microscopic Study of Fossil Elasmobranch Teeth in Ultra-Low-Budget Laboratories. *Russian Journal of Biological Research*. 12(1): 34-59. DOI: 10.13187/ejbr.2025.1.34

[Amaral-Zettler et al., 2020](#) – Amaral-Zettler, L.A., Zettler, E.R., Mincer, T.J. (2020). Ecology of the plastisphere. *Nature Reviews Microbiology*. 18(3): 139-151. DOI: 10.1038/s41579-019-0308-0

[Amaral-Zettler et al., 2021](#) – Amaral-Zettler, L.A., Ballerini, T., Zettler, E.R., Asbun, A.A., Adame, A., Casotti, R., Dumontet, B., Donnarumma, V., Engelmann, J.C., Frere, L., Mansui, J. (2021). Diversity and predicted inter-and intra-domain interactions in the Mediterranean Plastisphere. *Environmental Pollution*. 286: 117439. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117439

[Arias-Andres et al., 2020](#) – Arias-Andres, M. (2020). Who is where in the Plastisphere, and why does it matter? *Molecular Ecology Resources*. 20(3): 617-619. DOI: 10.1111/1755-0998.13161

[Balkić et al., 2022](#) – Balkić, A.G., Pfeiffer, T.Ž., Čmelar, K., Maronić, D.Š., Stević, F., Bek, N., Martinović, A., Nikolašević, R. (2022). Footprint of the plastisphere on freshwater zooplankton. *Environmental research*. 212: 113563. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113563

[Barbe et al., 2024](#) – Barbe, V., Jacquin, J., Bouzon, M., Wolinski, A., Derippe, G., Cheng, J., Cruaud, C., Roche, D., Fouteau, S., Petit, J.L., Conan, P. (2024). Bioplastic degradation and assimilation processes by a novel bacterium isolated from the marine plastisphere. *Journal of Hazardous Materials*. 466: 133573. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133573

[Barros, Seena, 2021](#) – Barros, J., Seena, S. (2021). Plastisphere in freshwaters: an emerging concern. *Environmental Pollution*. 290: 118123. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118123

[Behera, Das, 2023](#) – Behera, S., Das, S. (2023). Environmental impacts of microplastic and role of plastisphere microbes in the biodegradation and upcycling of microplastic. *Chemosphere*. 334: 138928. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.138928

[Bocci et al., 2024](#) – Bocci, V., Galafassi, S., Levantesi, C., Crognale, S., Amalfitano, S., Congestri, R., Matturro, B., Rossetti, S., Di Pippo, F. (2024). Freshwater plastisphere: a review on biodiversity, risks, and biodegradation potential with implications for the aquatic ecosystem health. *Frontiers in Microbiology*. 15: 1395401. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1395401

[Chaimusik et al., 2024](#) – Chaimusik, N., Sombuttra, N., Nakaramontri, Y., Sompongchaiyakul, P., Charoenpong, C., Intra, B., Euanorasetr, J. (2024). The comparative plastisphere microbial community profile at Kung Wiman beach unveils potential plastic-specific degrading microorganisms. *PeerJ*. 12: e17165.

[Chen et al., 2021](#) – Chen, L., Li, J., Tang, Y., Wang, S., Lu, X., Cheng, Z., Zhang, X., Wu, P., Chang, X., Xia, Y. (2021). Typhoon-induced turbulence redistributed microplastics in coastal areas and reformed plastisphere community. *Water Research*. 204: p.117580. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117580

[Chen et al., 2023](#) – Chen, W., Feng, Z., Chang, Y., Xu, S., Zhou, K., Shi, X., Wang, Z., Zhang, L., Wei, Y., Li, J. (2023). Comparing the bacterial composition, succession and assembly patterns in plastisphere and kitchen waste composting with PLA/PBAT blends. *Journal of Hazardous Materials*. 454: 131405. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131405

- Chen et al., 2024 – Chen, Y., Yan, Z., Zhou, Y., Zhang, Y., Jiang, R., Wang, M., Yuan, S., Lu, G. (2024). Dynamic evolution of antibiotic resistance genes in plastisphere in the vertical profile of urban rivers. *Water research*. 249: 120946. DOI: 10.1016/j.watres.2023.120946
- Cheng et al., 2021 – Cheng, J., Jacquin, J., Conan, P., Pujo-Pay, M., Barbe, V., George, M., Fabre, P., Bruzaud, S., Ter Halle, A., Meistertzheim, A.L., Ghiglione, J.F. (2021). Relative influence of plastic debris size and shape, chemical composition and phytoplankton-bacteria interactions in driving seawater plastisphere abundance, diversity and activity. *Frontiers in Microbiology*. 11: 610231. DOI: 10.3389/fmicb.2020.610231
- Cheng et al., 2023 – Cheng, J., Meistertzheim, A.L., Leistenschneider, D., Philip, L., Jacquin, J., Escande, M.L., Barbe, V., Ter Halle, A., Chapron, L., Lartaud, F., Bertrand, S., Escriva, H., Ghiglione, J.F. (2023). Impacts of microplastics and the associated plastisphere on physiological, biochemical, genetic expression and gut microbiota of the filter-feeder amphioxus. *Environment International*. 172: 107750. DOI: 10.1016/j.envint.2023.107750
- Cheng et al., 2024 – Cheng, J., Wang, P., Ghiglione, J. F., Cai, Z., Zhou, J., Zhu, X. (2024). Bacterial pathogens associated with the plastisphere of surgical face masks and their dispersion potential in the coastal marine environment. *Journal of Hazardous Materials*. 462: 132741. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.132741
- Collins et al., 2023 – Collins, H.I., Griffin, T.W., Holohan, B.A., Ward, J.E. (2023). Nylon microfibers develop a distinct plastisphere but have no apparent effects on the gut microbiome or gut tissue status in the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Environmental Microbiology*. 25(12): 2792-2806. DOI: 10.1111/1462-2920.16496
- Cornejo-D'Ottone et al., 2020 – Cornejo-D'Ottone, M., Molina, V., Pavez, J., Silva, N. (2020). Greenhouse gas cycling by the plastisphere: The sleeper issue of plastic pollution. *Chemosphere*. 246: 125709. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.125709
- Dąbrowska et al., 2021 – Dąbrowska, A., Gniadek, M., Machowski, P. (2021). The proposal and necessity of the numerical description of nano-and microplastics' surfaces (plastisphere). *Polymers*. 13(14): 2255. DOI: 10.3390/polym13142255.
- Dąbrowska, 2021 – Dąbrowska, A. (2021). A roadmap for a Plastisphere. *Mar. Pollut. Bull.* 167(112322): 10-1016. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112322
- Delacuvellerie et al., 2019 – Delacuvellerie, A., Cyriaque, V., Gobert, S., Benali, S., Wattiez, R. (2019). The plastisphere in marine ecosystem hosts potential specific microbial degraders including *Alcanivorax borkumensis* as a key player for the low-density polyethylene degradation. *Journal of hazardous materials*. 380: 120899. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.120899
- Delacuvellerie et al., 2022 – Delacuvellerie, A., Ballerini, T., Frère, L., Matallana-Surget, S., Dumontet, B., Wattiez, R. (2022). From rivers to marine environments: A constantly evolving microbial community within the plastisphere. *Marine Pollution Bulletin*. 179: 113660. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.113660
- Dey et al., 2022 – Dey, S., Rout, A.K., Behera, B.K., Ghosh, K. (2022). Plastisphere community assemblage of aquatic environment: plastic-microbe interaction, role in degradation and characterization technologies. *Environmental microbiome*. 17(1): 32. DOI: 10.1186/s40793-022-00430-4
- Di Pippo et al., 2022 – Di Pippo, F., Crognale, S., Levantesi, C., Vitanza, L., Sighicelli, M., Pietrelli, L., Di Vito, S., Amalfitano, S., Rossetti, S. (2022). Plastisphere in lake waters: microbial diversity, biofilm structure, and potential implications for freshwater ecosystems. *Environmental Pollution*. 310: 119876. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119876
- Du et al., 2022 – Du, Y., Liu, X., Dong, X., Yin, Z. (2022). A review on marine plastisphere: biodiversity, formation, and role in degradation. *Computational and Structural Biotechnology Journal*. 20: 975-988. DOI: 10.1016/j.csbj.2022.02.008
- Forero-López et al., 2022 – Forero-López, A.D., Brugnoli, L.I., Abasto, B., Rimondino, G.N., Lassalle, V.L., Arduoso, M.G., Nazzarro, M.S., Martinez, A.M., Spetter, C.V., Biancalana, F. (2022). Plastisphere on microplastics: in situ assays in an estuarine environment. *Journal of Hazardous Materials*. 440: 129737. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.129737
- Frey et al., 2024 – Frey, B., Aiesi, M., Rast, B.M., Rüthi, J., Julmi, J., Stierli, B., Qi, W., Brunner, I. (2024). Searching for new plastic-degrading enzymes from the plastisphere of alpine soils using a metagenomic mining approach. *Plos one*. 19(4): e0300503. DOI: 10.1371/journal.pone.0300503

[Gradov et al., 2024](#) – Gradov, O.V., Gradova, M.A., Maklakova, I.A., Popov, A.A., Varian, I. (2024). Applications of composite microfluidic systems and micro total analysis systems (μ TAS) for monitoring the state of natural soils, swamps or wetlands: Biodegradable polymers of the μ TAS chip moldings as sensor layers for weathering estimations. *Advances in Transdisciplinary Engineering*. 62: 1439-1448. DOI: 10.3233/atde241145

[Gradov et al., 2025](#) – Gradov, O.V., Gradova, M.A., Maklakova, I.A., Popov, A.A., Varian, I. (2025). Polymer bio-weathering and biodegradation induced by soil plastisphere: Real time 2D FFT-based comparative SEM-ISC study of biodegraded plastic surfaces. *Journal of Polymer Science and Engineering*. 8(2): 11801. DOI: 10.24294/jpse11801

[Gradov, 2016a](#) – Gradov, O.V. (2016). Isotope channelomics of chemoautotrophs as the predictor and regulator of the metal deposit formation and the weathering factor. *The Seventeenth International Conference Physical-Chemical and Petrophysical Studies in the Earth Sciences (Proceedings of Conferene)*. Pp. 76-77. DOI: 10.54985/peeref.2505a5206386

[Gradov, 2016b](#) – Gradov, O.V. (2016). The extended phenotype of chemolithoautotrophs as an object of physical geochemistry and structural biogeochemistry in the framework of v.i. vernadsky concepts. *Moscow International School of Earth Sciences — 2016. Abstracts of International conference*. P. 60. DOI: 10.13140/RG.2.1.1552.8565

[Gradov, 2018](#) – Gradov, O.V. (2018). Isotopic bioinorganic chemistry of chemoautotrophs as a predictor-regulator for formation of metal deposits and factor of weathering [editorial]. *Modern Approaches in Oceanography and Petrochemical Sciences*, MAOPS.MS.ID.000103. DOI: 10.32474/MAOPS.2018.01.000103

[Gradov, 2019](#) – Gradov, O.V. (2019). Novel perspectives for CLEM techniques in multiparametric morphology protocols. *International Journal of Biomedicine*. 9(Suppl. 1): 39. DOI: 10.21103/IJBM.9.Suppl_1.P39

[Gradov, 2023](#) – Gradov, O.V. (2023). Cryoconveyor protocols in correlative light and electron microscopy: From multilevel imaging to modeling of biophysical effects and “cryotheranostics”. *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. 78(Suppl. 1): S64-S68. DOI: 10.3103/S0096392523700244

[Gradov, 2023](#) – Gradov, O.V. (2023). Kriokonveiernye protokoly v korrelyatsionnoi svetovoi i elektronnoi mikroskopii: ot mnogourovnevoi vizualizatsii do modelirovaniya biofizicheskikh effektov i krioteranostiki [Cryoconveyor protocols in correlative light and electron microscopy: from multilevel visualization to modeling of biophysical effects and cryotheranostics]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16: Biologiya*. 78(3S): 57-62. DOI: 10.55959/MSU0137-0952-16-78-3S-10 [in Russian]

[Gradov, 2025](#) – Gradov, O.V. (2025). Soil plastisphere species and infectious diseases. *European Congress on Infectious Diseases and Microbiology (April 14-15, 2025; Rome, Italy)*. P. 49. C2P Rome, Italy. DOI: 10.54985/peeref.2505a1467782

[Grigorieva et al., 2021](#) – Grigorieva, E.A., Olkhov, A.A., Gradov, O.V., Gradova, M.A. (2021). Thermal behavior of the porous polymer composites based on LDPE and natural fillers studied by real time thermal microscopy. *Key Engineering Materials*. 899: 644-659. DOI: 10.4028/www.scientific.net/kem.899.644

[Grigorieva et al., 2022](#) – Grigorieva, E., Gradov, O., Gradova, M., Maklakova, I. (2022). Towards multi-angle multispectral optical 3D porometry and lens-less porometry of civil engineering composites and geocomposites including biodegradable ones. *Advances in Transdisciplinary Engineering*. 31: 101-113. DOI: 10.3233/atde220857

[Grigorieva et al., 2023](#) – Grigorieva, E.A., Gradov, O.V., Gradova, M.A., Maklakova, I.A. (2023). Towards multi-angle multi-channel optical porometry and scanning electron microscopic porometry of ldpe composites including geotechnical biodegradable ones. *Advanced Structured Materials*. 195: 105-118. DOI: 10.1007/978-3-031-28744-2_6

[Grigorieva et al., 2025](#) – Grigorieva, E., Gradov, O., Maklakova, I., Popov, A., Ratnovskaya, A. (2025). Time-resolved correlation microporometry (TRCMP) and melting point correlation-spectral microporometry (MPCSP) of gas-filled polymer composites formed under the action of various pore-forming agents. *Dynamics of Discrete and Continuum Structures and Media*. Pp. 361-375. Switzerland. Springer Nature. DOI: 10.1007/978-3-031-75626-9_15

[Guruge et al., 2024](#) – Guruge, K.S., Goswami, P., Kanda, K., Abeynayaka, A., Kumagai, M., Watanabe, M., Tamamura-Andoh, Y. (2024). Plastiome: Plastisphere-enriched mobile resistome in

aquatic environments. *Journal of Hazardous Materials*. 471: 134353. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.134353

Huang et al., 2024 – Huang, J.N., Xu, L., Wen, B., Gao, J.Z., Chen, Z.Z. (2024). Reshaping the plastisphere upon deposition: Promote N₂O production through affecting sediment microbial communities in aquaculture pond. *Journal of Hazardous Materials*. 465: 133290. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.133290

Jablokov et al., 2017 – Jablokov, A.G., Skrynnik, A.A., Orekhov, F.K., Nasirov, P.A., Gradov, O.V. (2017). "MALDI-FLIP-on-a-chip" and "MALDI-FRAP-on-a-flap": Novel Techniques for Soil Microbiology and Environmental Biogeochemistry. I-MALDI Chip Fingerprinting. *Biogeosystem Technique*. 4(2): 140-188. DOI: 10.13187/bgt.2017.2.140

Jablokov et al., 2018 – Jablokov, A.G., Nasirov, P.A., Orekhov, F.K., Gradov, O.V. (2018). "MALDI-FLIP-on-a-chip" and "MALDI-FRAP-on-a-flap": Novel Techniques for Soil Microbiology and Environmental Biogeochemistry. II-Polymer Chip Prototyping. *Biogeosystem Technique*. 5(1): 3-56. DOI: 10.13187/bgt.2018.1.3

Jacquin et al., 2019 – Jacquin, J., Cheng, J., Odobel, C., Pandin, C., Conan, P., Pujo-Pay, M., Barbe, V., Meistertzheim, A.L., Ghiglione, J.F. (2019). Microbial ecotoxicology of marine plastic debris: a review on colonization and biodegradation by the "Plastisphere". *Frontiers in microbiology*. 10: 865. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00865

Ji et al., 2022 – Ji, L., Tanunchai, B., Wahdan, S.F.M., Schädler, M., Purahong, W. (2022). Future climate change enhances the complexity of plastisphere microbial co-occurrence networks, but does not significantly affect the community assembly. *Science of The Total Environment*. 844: 157016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157016

Joshi et al., 2022 – Joshi, G., Goswami, P., Verma, P., Prakash, G., Simon, P., Vinithkumar, N.V., Dharani, G. (2022). Unraveling the plastic degradation potentials of the plastisphere-associated marine bacterial consortium as a key player for the low-density polyethylene degradation. *Journal of hazardous materials*. 425: 128005. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.128005

Junaid et al., 2022 – Junaid, M., Liu, S., Liao, H., Liu, X., Wu, Y., Wang, J. (2022). Wastewater plastisphere enhances antibiotic resistant elements, bacterial pathogens, and toxicological impacts in the environment. *Science of the Total Environment*. 841: 156805. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156805

Karkanorachaki et al., 2023 – Karkanorachaki, K., Syranidou, E., Kalogerakis, N. (2023). Extreme weather events as an important factor for the evolution of plastisphere but not for the degradation process. *Water Research*. 246: 120687. DOI: 10.1016/j.watres.2023.120687

Kelly et al., 2022 – Kelly, M.R., Whitworth, P., Jamieson, A., Burgess, J.G. (2022). Bacterial colonisation of plastic in the Rockall Trough, North-East Atlantic: An improved understanding of the deep-sea plastisphere. *Environmental Pollution*. 305: 119314. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119314

Kimura et al., 2023 – Kimura, Y., Fukuda, Y., Otsu, R., Yu, J., Mino, S., Misawa, S., Maruyama, S., Ikeda, Y., Miyamachi, R., Noguchi, H., Kato, S. (2023). A lesson from polybutylene succinate plastisphere to the discovery of novel plastic degrading enzyme genes in marine vibrios. *Environmental microbiology*. 25(12): 2834-2850. DOI: 10.1111/1462-2920.16512

Kirstein et al., 2019 – Kirstein, I.V., Wichels, A., Gullans, E., Krohne, G., Gerds, G. (2019). The plastisphere-uncovering tightly attached plastic "specific" microorganisms. *PloS one*. 14(4): e0215859. DOI: 10.1371/journal.pone.0215859

Koh et al., 2023 – Koh, J., Bairoliya, S., Salta, M., Cho, Z.T., Fong, J., Neo, M.L., Cragg, S. Cao, B. (2023). Sediment-driven plastisphere community assembly on plastic debris in tropical coastal and marine environments. *Environment International*. 179: p.108153. DOI: 10.1016/j.envint.2023.108153

Kutralam-Muniasamy et al., 2024 – Kutralam-Muniasamy, G., Shruti, V.C., Pérez-Guevara, F. (2024). Plastisphere-hosted viruses: A review of interactions, behavior, and effects. *Journal of Hazardous Materials*. 472: 134533. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.134533

Lacerda et al., 2024 – Lacerda, A.L., Frias, J., Pedrotti, M.L. (2024). Tardigrades in the marine plastisphere: New hitchhikers surfing plastics. *Marine Pollution Bulletin*. 200: 116071. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2024.116071

Lenoble et al., 2024 – Lenoble, V., Čindrić, A.M., Briand, J.F., Pedrotti, M.L., Lacerda, A.L., Muniategui-Lorenzo, S., Fernández-González, V., Moscoso-Pérez, C.M., Andrade-Garda, J.M., Casotti, R., Murano, C. (2024). Bioaccumulation of trace metals in the plastisphere: Awareness of

environmental risk from a European perspective. *Environmental pollution*. 348: 123808. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.123808

[Li et al., 2021](#) – Li, H.Q., Shen, Y.J., Wang, W.L., Wang, H.T., Li, H., Su, J.Q. (2021). Soil pH has a stronger effect than arsenic content on shaping plastisphere bacterial communities in soil. *Environmental Pollution*. 287: 117339. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.117339. Epub 2021 May 10. PMID: 34000668

[Li et al., 2022](#) – Li, R., Zhu, L., Cui, L., Zhu, Y.G. (2022). Viral diversity and potential environmental risk in microplastic at watershed scale: Evidence from metagenomic analysis of plastisphere. *Environment international*. 161: 107146. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107146

[Li et al., 2023](#) – Li, J., Zhang, T., Shan, X., Zheng, W., Zhang, Z., Ouyang, Z., Liu, P., Guo, X. (2023). Abandoned disposable masks become hot substrates for plastisphere, whether in soil, atmosphere or water. *Journal of Hazardous Materials*. 452: 131321. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131321

[Li et al., 2024](#) – Li, K., Xu, L., Bai, X., Zhang, G., Zhang, M., Huang, Y. (2024). Potential environmental risks of field bio/non-degradable microplastic from mulching residues in farmland: evidence from metagenomic analysis of plastisphere. *Journal of Hazardous Materials*. 465: 133428. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133428

[Lin et al., 2023](#) – Lin, X., Wang, S., Ni, R., Song, L. (2023). New insights on municipal solid waste (MSW) landfill plastisphere structure and function. *Science of The Total Environment*. 888: 163823. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163823

[Lin et al., 2024](#) – Lin, D., Xu, J.Y., Wang, L., Du, S., Zhu, D. (2024). Long-term application of organic fertilizer prompting the dispersal of antibiotic resistance genes and their health risks in the soil plastisphere. *Environment International*. 183: 108431. DOI: 10.1016/j.envint.2024.108431

[Lu et al., 2024](#) – Lu, J., Qiu, Y., Zhang, L., Wang, J., Li, C., Wang, P., Ren, L. (2024). Effects of Fe₃O₄ NMs based Fenton-like reactions on biodegradable plastic bags in compost: New insight into plastisphere community succession, co-composting efficiency and free radical in situ aging theory. *Journal of Hazardous Materials*. 467: 133689. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133689

[Luo et al., 2022](#) – Luo, G., Jin, T., Zhang, H., Peng, J., Zuo, N., Huang, Y., Han, Y., Tian, C., Yang, Y., Peng, K., Fei, J. (2022). Deciphering the diversity and functions of plastisphere bacterial communities in plastic-mulching croplands of subtropical China. *Journal of Hazardous Materials*. 422: 126865. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.126865

[MacLean et al., 2021](#) – MacLean, J., Mayanna, S., Benning, L.G., Horn, F., Bartholomäus, A., Wiesner, Y., Wagner, D., Liebner, S. (2021). The terrestrial plastisphere: diversity and polymer-colonizing potential of plastic-associated microbial communities in soil. *Microorganisms*. 9(9): 1876. DOI: 10.3390/microorganisms9091876

[Maklakova et al., 2021](#) – Maklakova, I.A., Gradov, O.V., Gradova, M.A., Aleksandrov, P.L. (2021). Comparison of SEM-assisted nanoporometric and microporometric morphometric techniques applied for the ultramicroporous polymer films. *Key Engineering Materials*. 899: 660-674. DOI: 10.4028/www.scientific.net/kem.899.660

[Miao et al., 2023](#) – Miao, L., Li, W., Adyel, T.M., Yao, Y., Deng, Y., Wu, J., Zhou, Y., Yu, Y., Hou, J. (2023). Spatio-temporal succession of microbial communities in plastisphere and their potentials for plastic degradation in freshwater ecosystems. *Water Research*. 229: 119406. DOI: 10.1016/j.watres.2022.119406

[Nguyen et al., 2023](#) – Nguyen, D., Masasa, M., Ovadia, O., Guttman, L. (2023). Ecological insights into the resilience of marine plastisphere throughout a storm disturbance. *Science of the Total Environment*. 858: 159775. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159775

[Ni et al., 2024](#) – Ni, B., Zhang, T. L., Cai, T. G., Xiang, Q., Zhu, D. (2024). Effects of heavy metal and disinfectant on antibiotic resistance genes and virulence factor genes in the plastisphere from diverse soil ecosystems. *Journal of Hazardous Materials*. 465: 133335. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.133335

[Orekhov, Gradov, 2022](#) – Orekhov, F.K., Gradov, O.V. (2022). Automated Soil Microbiology Using Lensless and LDI MS Imaging with Buried Slides. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 247: 471-479. DOI: 10.1007/978-981-16-3844-2_43

[Orekhov, Gradov, 2023](#) – Orekhov, F.K., Gradov, O.V. (2023). Target chip based single-cell biotyping and telemetric bioluminescence lensless microscopy of the buried sandwich-slides as a novel way for measurement, mapping and molecular imaging of biodegradation/biofouling of

plastic surfaces in real soils. *Advances in Transdisciplinary Engineering*. 38: 417-425. DOI: 10.3233/ATDE230317

[Pang et al., 2023](#) – Pang, G., Li, X., Ding, M., Jiang, S., Chen, P., Zhao, Z., Gao, R., Song, B., Xu, X., Shen, Q., Cai, F.M. (2023). The distinct plastisphere microbiome in the terrestrial-marine ecotone is a reservoir for putative degraders of petroleum-based polymers. *Journal of Hazardous Materials*. 453: 131399. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131399

[Park et al., 2023](#) – Park, W.J., Hwangbo, M., Chu, K.H. (2023). Plastisphere and microorganisms involved in polyurethane biodegradation. *Science of The Total Environment*. 886: 163932. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163932

[Pietrelli et al., 2017](#) – Pietrelli, L., Di Gennaro, A., Menegoni, P., Lecce, F., Poeta, G., Acosta, A.T., Battisti, C., Iannilli, V. (2017). Pervasive plastisphere: first record of plastics in egagropiles (Posidonia spheroids). *Environmental pollution*. 229: 1032-1036. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.07.098

[Poeta et al., 2017](#) – Poeta, G., Fanelli, G., Pietrelli, L., Acosta, A.T., Battisti, C. (2017). Plastisphere in action: evidence for an interaction between expanded polystyrene and dunal plants. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(12): 11856-11859. DOI: 10.1007/s11356-017-8887-7

[Ran et al., 2024](#) – Ran, T., Liao, H., Zhao, Y., Li, J. (2024). Soil plastisphere interferes with soil bacterial community and their functions in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 270: 115946. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2024.115946

[Rillig et al., 2024](#) – Rillig, M.C., Kim, S.W., Zhu, Y.G. (2024). The soil plastisphere. *Nature Reviews Microbiology*. 22(2): 64-74. DOI: 10.1038/s41579-023-00967-2

[Rohrbach et al., 2023](#) – Rohrbach, S., Gkoutselis, G., Hink, L., Weig, A.R., Obst, M., Diekmann, A., Ho, A., Rambold, G., Horn, M.A. (2023). Microplastic polymer properties as deterministic factors driving terrestrial plastisphere microbiome assembly and succession in the field. *Environmental Microbiology*. 25(12): 2681-2697. DOI: 10.1111/1462-2920.16234

[Rosato et al., 2022](#) – Rosato, A., Barone, M., Negroni, A., Brigidi, P., Fava, F., Biagi, E., Candela, M., Zanolli, G. (2022). Bacterial colonization dynamics of different microplastic types in an anoxic salt marsh sediment and impact of adsorbed polychlorinated biphenyls on the plastisphere. *Environmental Pollution*. 315: 120411. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.120411

[Rüthi et al., 2023](#) – Rüthi, J., Cerri, M., Brunner, I., Stierli, B., Sander, M., Frey, B. (2023). Discovery of plastic-degrading microbial strains isolated from the alpine and Arctic terrestrial plastisphere. *Frontiers in Microbiology*. 14: 1178474. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1178474

[Saleem et al., 2023](#) – Saleem, M., Yahya, S., Razzak, S.A., Khawaja, S., Ali, A. (2023). Shotgun metagenomics and computational profiling of the plastisphere microbiome: unveiling the potential of enzymatic production and plastic degradation. *Archives of Microbiology*. 205(11): 359. DOI: 10.1007/s00203-023-03701-x

[Schlundt et al., 2020](#) – Schlundt, C., Mark Welch, J.L., Knochel, A.M., Zettler, E.R., Amaral-Zettler, L.A. (2020). Spatial structure in the “Plastisphere”: molecular resources for imaging microscopic communities on plastic marine debris. *Molecular ecology resources*. 20(3): 620-634. DOI: 10.1111/1755-0998.13119

[Sérvulo et al., 2023](#) – Sérvulo, T., Taylor, J.D., Proietti, M.C., dS Rodrigues, L., Puertas, I.P., Barutot, R.A., Lacerda, A.L. (2023). Plastisphere composition in a subtropical estuary: Influence of season, incubation time and polymer type on plastic biofouling. *Environmental Pollution*. 332: 121873. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121873

[Shan et al., 2023](#) – Shan, E., Zhang, X., Li, J., Sun, C., Teng, J., Hou, C., Zhao, J., Sun, S., Wang, Q. (2023). Alteration of microbial mediated carbon cycle and antibiotic resistance genes during plastisphere formation in coastal area. *Chemosphere*. 344: 140420. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.140420

[Silva et al., 2023](#) – Silva, V., Pérez, V., Gillanders, B.M. (2023). Short-term plastisphere colonization dynamics across six plastic types. *Environmental Microbiology*. 25(12): 2732-2745. DOI: 10.1111/1462-2920.16445

[Silva et al., 2024](#) – Silva, I., Tacão, M., Henriques, I. (2024). Hidden threats in the plastisphere: Carbapenemase-producing Enterobacterales colonizing microplastics in river water. *Science of The Total Environment*. 922: 171268. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171268

- Song et al., 2023 – Song, X., Ding, J., Tian, W., Xu, H., Zou, H., Wang, Z. (2023). Effects of plastisphere on phosphorus availability in freshwater system: critical roles of polymer type and colonizing habitat. *Science of the Total Environment*. 870: 161990. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.161990
- Song et al., 2024 – Song, X., Zou, H., Zhang, Y., Yang, J., Ding, J. (2024). Microplastics alter the microbiota-mediated phosphorus profiles at sediment-water interface: Distinct microbial effects between sediment and plastisphere. *Science of The Total Environment*. 933: 173048. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.173048
- Sosa, Chen, 2022 – Sosa, A., Chen, F. (2022). An in situ study to understand community structure of estuarine microbes on the plastisphere. *Microorganisms*. 10(8): 1543. DOI: 10.3390/microorganisms10081543
- Stevenson et al., 2023 – Stevenson, E.M., Buckling, A., Cole, M., Lindeque, P.K., Murray, A.K. (2023). Culturing the Plastisphere: comparing methods to isolate culturable bacteria colonising microplastics. *Frontiers in Microbiology*. 14: 1259287. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1259287
- Stevenson et al., 2024 – Stevenson, E.M., Buckling, A., Cole, M., Lindeque, P.K., Murray, A.K. (2024). Selection for antimicrobial resistance in the plastisphere. *Science of The Total Environment*. 908: 168234. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.168234
- Su et al., 2022 – Su, X., Yang, L., Yang, K., Tang, Y., Wen, T., Wang, Y., Rillig, M.C., Rohe, L., Pan, J., Li, H., Zhu, Y.G. (2022). Estuarine plastisphere as an overlooked source of N₂O production. *Nature Communications*. 13(1): 3884. DOI: 10.1038/s41467-022-31584-x
- Sun et al., 2022 – Sun, Y., Shi, J., Wang, X., Ding, C., Wang, J. (2022). Deciphering the mechanisms shaping the plastisphere microbiota in soil. *Msystems*. 7(4): e00352-22. DOI: 10.1128/msystems.00352-22
- Sun et al., 2023 – Sun, Y., Zhang, Y., Hao, X., Zhang, X., Ma, Y., Niu, Z. (2023). A novel marine bacterium *Exiguobacterium marinum* a-1 isolated from in situ plastisphere for degradation of additive-free polypropylene. *Environmental Pollution*. 336: 122390. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122390
- Sun et al., 2024 – Sun, Y., Wu, M., Xie, S., Zang, J., Wang, X., Yang, Y., Li, C., Wang, J. (2024). Homogenization of bacterial plastisphere community in soil: a continental-scale microcosm study. *ISME communications*. 4(1): ycad012. DOI: 10.1093/ismeco/ycad012
- Tanunchai et al., 2023 – Tanunchai, B., Ji, L., Schröder, O., Gawol, S.J., Geissler, A., Wahdan, S.F.M., Buscot, F., Kalkhof, S., Schulze, E.D., Noll, M., Purahong, W. (2023). Fate of a biodegradable plastic in forest soil: Dominant tree species and forest types drive changes in microbial community assembly, influence the composition of plastisphere, and affect poly (butylene succinate-co-adipate) degradation. *Science of the Total Environment*. 873: 162230. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162230
- Tarchi et al., 2023 – Tarchi, M., Zaaboub, N., Alsubih, M., Brik, B., Martins, M.V.A., Aleya, L., Trabelsi, L. (2023). Microalgae colonization and trace element accumulation on the plastisphere of marine plastic debris in Monastir Bay (Eastern Tunisia). *Environmental Science and Pollution Research*. 30(12): 32427-32451. DOI: 10.1007/s11356-022-23930-9
- Taurozzi et al., 2023 – Taurozzi, D., Cesarini, G., Scalici, M. (2023). New ecological frontiers in the plastisphere: Diatoms and macroinvertebrates turnover assessment by a traits-based approach. *Science of the Total Environment*. 887: 164186. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164186
- Tian et al., 2024 – Tian, H., Wang, L., Zhu, X., Zhang, M., Li, L., Liu, Z., Abolfathi, S. (2024). Biodegradation of microplastics derived from controlled release fertilizer coating: Selective microbial colonization and metabolism in plastisphere. *Science of The Total Environment*. 920: 170978. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.170978
- Tigreros-Benavides et al., 2024 – Tigreros-Benavides, P., Garzón-Rodríguez, L., Herrera-Villarraga, G., Ochoa-Mogollón, J., Sarmiento-Sánchez, C., Rodríguez-Vargas, L.H., Rozo-Torres, G., Guayán-Ruiz, P., Sanjuan-Muñoz, A., Franco-Herrera, A. (2024). Microplastics and plastisphere at surface waters in the Southwestern Caribbean sea. *Journal of Environmental Management*. 358: 120745. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120745
- Tiwari et al., 2022 – Tiwari, N., Bansal, M., Santhiya, D., Sharma, J.G. (2022). Insights into microbial diversity on plastisphere by multi-omics. *Arch Microbiol*. Mar 22. 204(4): 216. DOI: 10.1007/s00203-022-02806-z PMID: 35316402
- Vannini et al., 2021 – Vannini, C., Rossi, A., Vallerini, F., Menicagli, V., Seggiani, M., Cinelli, P., Lardicci, C., Balestri, E. (2021). Microbial communities of polyhydroxyalkanoate

(PHA)-based biodegradable composites plastisphere and of surrounding environmental matrix: a comparison between marine (seabed) and coastal sediments (dune sand) over a long-time scale. *Science of The Total Environment*. 764: 142814. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142814

[Wang et al., 2022](#) – Wang, C., Wang, L., Ok, Y.S., Tsang, D.C., Hou, D. (2022). Soil plastisphere: exploration methods, influencing factors, and ecological insights. *Journal of Hazardous Materials*. 430: 128503. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128503

[Wang et al., 2023](#) – Wang, P., Liu, J., Han, S., Wang, Y., Duan, Y., Liu, T., Hou, L., Zhang, Z., Li, L., Lin, Y. (2023). Polyethylene mulching film degrading bacteria within the plastisphere: Co-culture of plastic degrading strains screened by bacterial community succession. *Journal of Hazardous Materials*. 442: 130045. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.130045

[Wen et al., 2020](#) – Wen, B., Liu, J.H., Zhang, Y., Zhang, H.R., Gao, J.Z., Chen, Z.Z. (2020). Community structure and functional diversity of the plastisphere in aquaculture waters: does plastic color matter? *Science of the total environment*. 740: 140082. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140082

[Wright et al., 2021](#) – Wright, R.J., Bosch, R., Langille, M. G., Gibson, M. I., Christie-Oleza, J.A. (2021). A multi-OMIC characterisation of biodegradation and microbial community succession within the PET plastisphere. *Microbiome*. 9(1): 141. DOI: 10.1186/s40168-021-01054-5

[Wright et al., 2021a](#) – Wright, R.J., Bosch, R., Langille, M.G., Gibson, M.I., Christie-Oleza, J.A. (2021). A multi-OMIC characterisation of biodegradation and microbial community succession within the PET plastisphere. *Microbiome*. 9(1): 141. DOI: 10.1186/S40168-021-01054-5

[Wright et al., 2021b](#) – Wright, R.J., Langille, M.G., Walker, T.R. (2021). Food or just a free ride? A meta-analysis reveals the global diversity of the Plastisphere. *The ISME Journal*. 15(3): 789-806. DOI: 10.1038/s41396-020-00814-9

[Wu et al., 2022](#) – Wu, X., Liu, Z., Li, M., Bartlam, M., Wang, Y. (2022). Integrated metagenomic and metatranscriptomic analysis reveals actively expressed antibiotic resistomes in the plastisphere. *Journal of hazardous materials*. 430: 128418. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128418

[Wu et al., 2023](#) – Wu, J., Ye, Q., Sun, L., Liu, J., Huang, M., Wang, T., Wu, P., Zhu, N. (2023). Impact of persistent rain on microplastics distribution and plastisphere community: A field study in the Pearl River, China. *Science of The Total Environment*. 879: 163066. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163066

[Wu et al., 2024](#) – Wu, Z., Sun, J., Xu, L., Zhou, H., Cheng, H., Chen, Z., Wang, Y., Yang, J. (2024). Depth significantly affects plastisphere microbial evenness, assembly and co-occurrence pattern but not richness and composition. *Journal of Hazardous Materials*. 463: 132921. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.132921

[Xiang et al., 2022](#) – Xiang, Q., Chen, Q.L., Yang, X.R., Li, G., Zhu, D. (2022). Soil mesofauna alter the balance between stochastic and deterministic processes in the plastisphere during microbial succession. *Science of The Total Environment*. 849: 157820. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157820

[Xiang et al., 2024](#) – Xiang, Q., Stryhanyuk, H., Schmidt, M., Kümmel, S., Richnow, H.H., Zhu, Y.G., Cui, L., Musat, N. (2024). Stable isotopes and nanoSIMS single-cell imaging reveals soil plastisphere colonizers able to assimilate sulfamethoxazole. *Environmental Pollution*. 355: 124197. DOI: 10.1016/j.envpol.2024.124197

[Xie et al., 2023](#) – Xie, M., Lv, M., Zhao, Z., Li, L., Jiang, H., Yu, Y., Zhang, X., Liu, P., Chen, J. (2023). Plastisphere characterization in habitat of the highly endangered *Shinisaurus crocodilurus*: bacterial composition, assembly, function and the comparison with surrounding environment. *Science of The Total Environment*. 900: 165807. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165807

[Xu et al., 2023](#) – Xu, L., Li, K., Zhang, M., Guo, J., Jia, W., Bai, X., Tian, X., Huang, Y. (2023). Plastic substrate and residual time of microplastics in the urban river shape the composition and structure of bacterial communities in plastisphere. *Journal of Environmental Management*. 345: 118710. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.118710

[Xu et al., 2024](#) – Xu, C., Hu, C., Lu, J., Yang, T., Shen, C., Li, F., Wang, J. (2024). Lake plastisphere as a new biotope in the Anthropocene: potential pathogen colonization and distinct microbial functionality. *Journal of Hazardous Materials*. 461: 132693. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.132693

Xue et al., 2021 – Xue, N., Fang, Q., Pan, X., Zhang, D. (2021). Distinct fungal plastisphere across different river functional zones: a watershed scale study. *Science of the Total Environment*. 752: 141879. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141879

Yang et al., 2023 – Yang, Y., Suyamud, B., Liang, S., Liang, X., Wan, W., Zhang, W. (2023). Distinct spatiotemporal succession of bacterial generalists and specialists in the lacustrine plastisphere. *Environmental Microbiology*. 25(12): 2746-2760. DOI: 10.1111/1462-2920.16400

Ye et al., 2024 – Ye, J., Zhu, Y., Chen, H., Zhao, X., Tang, J., Zhang, J., Chen, Y., Guo, Y., Tan, Y., Zhang, T. (2024). High-throughput absolute quantification sequencing reveals the adaptive succession and assembly pattern of plastisphere communities in municipal sewer systems: Influence of environmental factors and microplastic polymer types. *Environmental Pollution*. 342: 123136. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.123136

Yokoyama et al., 2023 – Yokoyama, D., Takamura, A., Tsuboi, Y., Kikuchi, J. (2023). Large-scale omics dataset of polymer degradation provides robust interpretation for microbial niche and succession on different plastisphere. *ISME communications*. 3(1): 67. DOI: 10.1038/s43705-023-00275-z

Yu et al., 2023 – Yu, Y., Miao, L., Adyel, T.M., Waldschläger, K., Wu, J., Hou, J. (2023). Aquatic plastisphere: interactions between plastics and biofilms. *Environmental Pollution*. 322: 121196. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121196

Zadjelovic et al., 2023 – Zadjelovic, V., Wright, R.J., Borsetto, C., Quartey, J., Cairns, T.N., Langille, M.G., Wellington, E.M., Christie-Oleza, J.A. (2023). Microbial hitchhikers harbouring antimicrobial-resistance genes in the riverine plastisphere. *Microbiome*. 11(1): 225. DOI: 10.1186/s40168-023-01662-3

Zagui et al., 2022 – Zagui, G.S., Andrade, L.N., Sierra, J., Rovira, J., Darini, A.L.C., Segura-Muñoz, S. (2022). Plastisphere as a pathway for antimicrobial-resistant bacteria spread to the environment: New challenge and open questions. *Environmental research*. 214(Pt 4): 114156. DOI: 10.1016/j.envres.2022.114156

Zettler et al., 2013 – Zettler, E.R., Mincer, T.J., Amaral-Zettler, L.A. (2013). Life in the “plastisphere”: microbial communities on plastic marine debris. *Environmental science & technology*. 47(13): 7137-7146. DOI: 10.1021/es401288x

Zhai et al., 2023 – Zhai, X., Zhang, X.H., Yu, M. (2023). Microbial colonization and degradation of marine microplastics in the plastisphere: A review. *Frontiers in Microbiology*. 14: 1127308. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1127308

Zhang et al., 2022 – Zhang, W., Jiang, C., Chen, L., Bhagwat, G., Thava, P., Yang, Y. (2022). Spatial turnover of core and occasional bacterial taxa in the plastisphere from a plateau river, China. *Science of The Total Environment*. 838: 156179. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156179

Zhang et al., 2023 – Zhang, C., Mu, Y., Li, T., Jin, F.J., Jin, C.Z., Oh, H.M., Lee, H.G., Jin, L. (2023). Assembly strategies for polyethylene-degrading microbial consortia based on the combination of omics tools and the “Plastisphere”. *Frontiers in microbiology*. 14: 1181967. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1181967

Zhang et al., 2024 – Zhang, W., Liang, S., Grossart, H.P., Christie-Oleza, J.A., Gadd, G.M., Yang, Y. (2024). Convergence effect during spatiotemporal succession of lacustrine plastisphere: loss of priority effects and turnover of microbial species. *ISME communications*. 4(1): ycae056. DOI: 10.1093/ismeco/ycae056

Zhao et al., 2023 – Zhao, Z.Y., Wang, P.Y., Xiong, X.B., Zhou, R., Li, F.M., Cheng, Z.G., Wang, W., Mo, F., Cheruiyot, K.W., Wang, W.Y., Uzamurera, A.G. (2023). Plant biomass mediates the decomposition of polythene film-sourced pollutants in soil through plastisphere bacteria island effect. *Environment International*. 178: 108114. DOI: 10.1016/j.envint.2023.108114

Zhou et al., 2023 – Zhou, Q., Zhang, J., Fang, Q., Zhang, M., Wang, X., Zhang, D., Pan, X. (2023). Microplastic biodegradability dependent responses of plastisphere antibiotic resistance to simulated freshwater-seawater shift in onshore marine aquaculture zones. *Environmental Pollution*. 331: 121828. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121828

Zhu et al., 2023 – Zhu, M., Qi, X., Yuan, Y., Zhou, H., Rong, X., Dang, Z., Yin, H. (2023). Deciphering the distinct successional patterns and potential roles of abundant and rare microbial taxa of urban riverine plastisphere. *Journal of Hazardous Materials*. 450: 131080. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2023.131080

Zhulanov et al., 2018 – Zhulanov, Y.V., Makaveev, P.Y., Gradov, O.V. (2018). Towards the aerosol cytometry and hydrosol cytometry based on laser aerosol spectrometers. *IEEE DataPort*. DOI: 10.21227/njak-qr29

Žuna Pfeiffer et al., 2022 – Pfeiffer, T.Ž., Maronić, D.Š., Stević, F., Balkić, A.G., Bek, N., Martinović, A., Mandir, T., Nikolašević, R., Janjić, D. (2022). Plasticsphere development in relation to the surrounding biotic communities. *Environmental pollution*. 306: 119380. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119380

Пластисфера как эволюционно новая геосферная оболочка и «биогеохимический реактор» техносферы (вводный методический обзор)

Олег Валерьевич Градов ^{a, *}, Юрий Васильевич Жуланов ^b, Павел Юрьевич Макавеев ^b, Михаил Константинович Филиппов ^a

^a Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

^b Научно-исследовательский физико-химический институт имени Л. Я. Карпова (НИФХИ), Москва, Российская Федерация

Аннотация. В настоящем кратком вводном обзоре мы даем базовые представления о биогеографии, геоэкологии / гидроэкологии и геохимической роли пластисферы и видового разнообразия микроорганизмов на ней. В последней части приводится ряд экспериментальных подходов и фотографий инструментов для его исследования. Техническая часть обзора основана на заделе семинара 2018 г. по методам анализа микропластика, готовившегося О.В. Градовым с соавторами для НИФХИ (однако без использования устаревших ссылок того периода). К сожалению, данные работы не удалось реализовать, в силу закрытия московской базы указанного института и утилизации оборудования. Однако общая идеология данных исследований не только остается актуальной по настоящее время (с учетом современных возрастающих технических возможностей науки), но и становится все более актуальной по мере увеличения загрязнения биосферы микропластиком и эволюции микробиоты в условиях изменения климата. Обзор в терминологически упрощенной версии рассчитан на широкий круг читателей, включая студентов и учащихся техникумов/колледжей.

Ключевые слова: пластисфера, микропластик, техносфера, геомикробиология, геоэкология, гидроэкология, анализатор микрочастиц, микрозондовый анализ.

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: geochemicalphysics@gmail.com (О.В. Градов)