

**ВАСИЛЬЕВА А.С.^{1,2}, СЕМЕНОВА А.С.^{1,3}, КУДРЯВЦЕВА Е.А.¹,
УЛЬЯНОВА М.О.^{1,2}**

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

²Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград

³Атлантический филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Калининград

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ВОДЕ МЕТАНА И ЗООПЛАНКТОНА НА МОРСКОЙ ПЛОЩАДКЕ КАЛИНИНГРАДСКОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

Ключевые слова: Балтийское море, карбонный полигон, распределение метана, зоопланктон, цикл углерода

Аннотация. В 2021 г. в рамках изучения углеродного баланса были выполнены исследования содержания метана и распределение зоопланктона на морской площадке Калининградского карбонного полигона. Пики содержания метана в столбе воде определялись развитием крупных растительноядных ракообразных, у дна - связаны с выходом метана из грунтов.

Район исследований расположен в Гданьской впадине Балтийского моря в зоне крупной метановой аномалии, содержание метана в донных осадках которой почти в 10 раз превышает фоновые показатели (Ulyanova et al., 2013). Полигон подвержен влиянию выноса крупной реки Вислы и высокопродуктивного Вислинского залива. В 2021 г. этот участок был выбран в качестве полигона для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса (карбонный полигон).

За 2021 г. было проведено 6 съемок (апрель, июнь, август, октябрь (2 съемки), ноябрь). Отбор воды выполнялся батометрами Hydro-Bios системы Нискина (объем 5 и 30 л) из поверхностного и придонного, а также промежуточных (2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; над и под термоклинном, над галоклинном и в 4-х м над дном) горизонтов. Также придонная вода (0-10 см над дном) отбиралась из герметичной грунтовой трубки. Определение концентраций метана в воде проводили хроматографически методом фазоворавновесной дегазации, т.н. headspace-анализ (Большаков и др., 1987). Для установления доли мертвых особей в зоопланктоне сразу после отбора зоопланктон окрашивали нейтральным красным красителем (Crippen, Perrier, 1974; Семенова, 2010). Таксономическая принадлежность идентифицированных беспозвоночных приведена в соответствии с World Register of Marine Species (WoRMS, 2022).

В апреле распределение метана в слое 0–25 м было однородным. На глубинах 10–15 м отмечалось небольшое увеличение концентрации газа до

16–19 нМ/л. В придонном слое концентрация метана возрастала на порядок – до 40–109 нМ/л. В *июне* вертикальное распределение метана было типичным для открытого моря: у поверхности наблюдалось минимальное значение 9 нмоль/л, а с увеличением глубины происходил рост вплоть до максимума на глубине 15 м (36 нмоль/л), в теплых соленых придонных водах концентрации метана достигали 50 нмоль/л на глубине 4 м выше дна и 180 нмоль/л в придонном слое. В воде, отобранной из герметичной грунтовой трубки, концентрация метана составляла 648 нмоль/л. В *августе* ярко выраженный пик метана отмечен в придонном слое (83 нмоль/л), а на горизонте 10 м зафиксирован еще один пик – 10 нмоль/л, который наиболее вероятно ассоциируется с деятельностью зоопланктона. Распределение метана 1 *октября* было нетипичным: максимум (159 нмоль/л) наблюдался не у дна, а над галоклином, где среди зоопланктона доминировали *Temora longicornis* и *Centropages hamatus*, что может объяснять повышенные содержания метана. Концентрации в верхнем квазиоднородном слое были минимальными, за исключением небольшого пика на горизонте 2,5–5 м (6–10 нмоль/л), где в массе обнаружены *Acartia* spp. и *Evadne nordmanni*. Наличие крупных клеток бактерий и значительная биомасса в придонном слое воды позволяет предположить, что метан, выделяющийся из донных осадков, служит существенным источником органического вещества для бактерий. В *ноябре* в распределении метана наблюдался один пик – придонный максимум (143 нмоль/л), вызванный потоком метана из донных осадков, на вышележащих горизонтах концентрации метана изменялись незначительно.

Всего с апреля по ноябрь 2021 г. в зоопланктоне в районе морской площадки карбонового полигона было отмечено 29 видов и таксонов более высокого ранга, характерных для этого района. Наиболее массовыми видами во все сезоны были веслоногие ракообразные *Acartia* spp. (в основном *A. longiremis*), *Temora longicornis*, *Centropages hamatus*, *Pseudocalanus elongatus* и их науплии, локальные вспышки развития весной и осенью давали *Synchaeta baltica*, *Evadne nordmanni*, *Fritillaria borealis*, летом – *Keratella quadrata* и *Bosmina (Eubosmina) coregoni*. По численности и биомассе в весенний период доминировали коловратки, в летний период ветвистоусые и веслоногие ракообразные, в осенний – веслоногие ракообразные при высокой доле ветвистоусых ракообразных и коловраток в отдельные периоды и на отдельных горизонтах. Численность и биомасса зоопланктона в слое 0–25 м были максимальны в апреле, а затем постепенно снижались вплоть до завершения вегетационного сезона, когда они достигали своих минимальных значений. В весенний период максимум численности и биомассы был отмечен в поверхностном горизонте и на горизонте 2,5 м, в июне – в поверхностном и на горизонтах 5 и 10 м, в июле

– в слое 0–10 м, в конце августа – на горизонтах 2,5, 7,5 и 10 м, в начале октября – на горизонте 2,5 м, в конце октября – в поверхностном горизонте и на горизонте 7,5 м. В конце ноября в слое 0–25 м распределение численности и биомассы зоопланктона было равномерным, пики численности и биомассы были отмечены в зоне над термо- и галоклином и у дна. Доля мертвых особей с апреля по ноябрь 2021 г. в среднем для слоя 0–25 м изменялась в пределах 5–8 %, минимальные значения были отмечены в начале вегетационного периода, максимальные – в конце августа 2021 г., когда происходило массовое отмирание летнего комплекса теплолюбивых видов.

Отдельные пики содержания метана в воде определялись развитием крупных растительноядных веслоногих ракообразных и отчасти ветвистоусых ракообразных. В апреле повышенное содержание метана на горизонте 10–15 м может быть связано с массовым развитием на этих горизонтах *Evadne nordmanni*, *Acartia* spp. и *Centropages hamatus*, в июне – на горизонте 15 м, где в массе развивались *Evadne nordmanni*, *Temora longicornis* и *Centropages hamatus*, в августе на горизонте 10 м, где доминировали *Acartia* spp. и *Podon intermedius*, в начале октября на горизонте 5 м, где в массе обнаружены *Acartia* spp. и *Evadne nordmanni* и на горизонте 50 м, где доминировали *Pseudocalanus elongatus*, *Temora longicornis* и *Centropages hamatus*, в конце октября – на горизонте 2,5 м, где в массе присутствовала *Eurytemora affinis* и на горизонте 45 м, где доминировали *Evadne nordmanni*, *Temora longicornis* и *Pseudocalanus elongatus*.

Работа выполнена в рамках пилотного проекта по созданию полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса (Приказ Минобрнауки России от 5 февраля 2021 г. №74), а также в рамках госзадания ИО РАН (тема № FMWE -2021-0012).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ulyanova M., Sivkov V., Kanapatskij T., Pimenov N. Seasonal variations in methane concentrations and diffusive fluxes in the Curonian and Vistula lagoons, Baltic Sea // *Geo-Mar Lett.* – 2013. – 34 (2-3). – P. 231-240.
2. Большаков А.М., Егоров А.В. Об использовании методики фазоворавновесной дегазации при газометрических исследованиях // *Океанология.* 1987. Т. 27(5). С. 861–862.
3. Кудрявцева Е.А., Семенова А.С., Кречик В.А., Буканова Т.В., Егоров А.В. Роль зоопланктона в формировании подповерхностного максимума метана в Гданьском заливе Балтийского моря весной и летом 2021 г. // *Геология морей и океанов: Материалы XXIV Международной научной конференции (Школы) по морской геологии.* Т. II. М.: ИО РАН, 2021. С. 210–214.
4. Семенова А.С. Индикаторная роль зоопланктона в оценке экологического состояния Куршского залива: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.02.08 / А.С. Семенова; Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок, 2010. – 280 с.
5. Crippen R.W. The use of Neutral Red and Evans Blue for Live / Dead determination of marine plankton / R.W. Crippen, J. L. Perrier // *Stain Tech.* – 1974. – V. 49, № 2. – P. 97–104.
6. WoRMS Editorial Board. World Register of Marine Species. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marinespecies.org>. – Дата доступа: 28.03.2022.

УДК 551.525

ГОРОДНЮК Ю.П.

Брест, БрГТУ

Научный руководитель – Волчек А.А., докт. геогр. наук, профессор

**ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ И ВОЗДУХА В
ЗИМНИЙ ПЕРИОД НА ЮГО-ЗАПАДЕ БЕЛАРУСИ В
СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИХ**

Ключевые слова: температура, почва, воздух, метеостанция.

Аннотация. Представлены результаты анализа температуры почвы и воздуха по метеостанции Брест, показывающие рост температур почвы и воздуха в современных условиях со скоростью 0,5 °С/10 лет.

Одним из важнейших факторов, влияющих на производство сельскохозяйственной продукции являются климатические условия. В